Staatl. Bibliothek
Regensburg

Philos. 6069
(189

4048

9 k 1

4048

Bibliothek-Ordnung.

I. Jedes Vereinsmitglied, welches ein Buch entlehnt, ist verpflichtet, dasselbe längstens nach Verlauf von 14 Tagen zurückzustellen, oder bei größeren Werken um Verlängerungsfrist nachzusuchen.

II. Wer dies unterläßt, wird durch den Vereinsdiener zur Rückgabe gemahnt und hat hiefür eine Mahngebühr von 10 ₰. zu entrichten.

III. Jedes Vereinsmitglied, welches Bücher in ruinosem oder beschmutztem Zustande zurückstellt, hat den verursachten Schaden zu tragen und ist daher zum Ersatz des Ankaufspreises des Buches, oder der Kosten des Einbandes anzuhalten. Ein Fortleihen der Bücher an dritte Personen ist unstatthaft.

IV. Lehrlingen und Dienstboten dürfen nur gegen schriftlichen Vorweis des Lehrherrn, bezw. der Herrschaft, Bücher ausgehändigt werden.

Neuer

Schauplatz der Künste und Handwerke.

Mit

Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben

von

einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten.

Mit vielen Abbildungen.

Hundertneunundachtzigster Band.

Lixaute, Straßenbau.

Weimar, 1851.

Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

A. Lixaute,
(Unternehmer der großen französischen Staatsbauten)

der

Straßen-, Eisenbahn-, Canal-, Brücken-, Küstendamm-, Deich- und Hafenbau,

sowie die

Bewässerungsarbeiten.

Zum

Nutzen und Gebrauch der Unternehmer öffentlicher Arbeiten, der Baumeister, Maschinenbauer und Baugewerken anderer Art.

Nach dem Französischen mit beständiger Rücksicht auf deutsche Art und Bedürfniß

von

Friedrich Harzer.

Mit 20 lithographirten Foliotafeln.

GEWERBS-VEREIN

Weimar, 1851.
Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Stadt-Bibliothek
Regensburg

Die Signale

(Unterrichtsbuch für deutsche Eisenbahnen)

der

Straßen-, Eisenbahn-, Canal-,

Fluß- und Hafenschiffahrt.

zum

Schutze und Gebrauch der Unterrichtsbuch öffentlichen Verkehrsanstalten, der Schiffahrtsbehörden, Rheder, Schiffer, der Schiffsbauer, Maschinisten, Lotsen und Schiffsmannschaften unserer Flüsse.

Mit 30 lithographirten Tafeln.

Friedrich Hoffet.

Berlin, Druck und Lithographie von C. W. Mayer.

13/71/477

Conspectus

der

bis jetzt erschienenen 192 Bände

des

Neuen Schauplatzes

der

Künste und Handwerke.

Mit Berücksichtigung der neuesten Erfindungen, herausgegeben von einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten. Mit vielen Abbildungen. 1817—51.

1r	Bd.	Eupel, der vollkommene Conditor	1 Rthl.
2r	=	Thon, Kunst, Bücher zu binden	1¼ =
3r	=	Barfuß, Optik, Katoptrik und Dioptrik . . .	2⅔ =
4r	=	Kunst des Seifensiedens und Lichtziehens . . .	1⅓ =
5r	=	Stöckel, Tischlerkunst	1½ =
6r	=	Vitalis, Lehrbuch der gesammten Färberei . .	3 =
7r	=	Woltersdorf, Brod=, ꝛc. Bäckerei	1⅔ =
8r	=	Schultze, Gold= und Silberarbeiter	1⅓ =
9r	=	Heyder, das Ganze der Kleidermacherkunst . .	1 =
10r	=	Schmidt, Tapetenfabrication	¾ =
11r	=	Der Schuh= und Stiefelmacher	¾ =
12r	=	Thon, Fleischerhandwerk	1 =
13r	=	Huth, Handbuch der Kochkunst	⅚ =
14r	=	Thon, vollst. Anleitung zur Lackirkunst . . .	2 =
15r	=	Thon, Drehkunst in ihrem ganzen Umfange . .	1½ =
16r	=	Der vollkommene Parfümeur	⅔ =
17r	=	Perrottet, Indig=Fabrication	⅚ =
18r	=	Hüttmann, Cementir=, Tüncher= u. Stuccaturarbeit	2 =
19r	=	Wölfer, Anweisung zum Treppenbau . . .	⅓ =
20r	=	Schmidt, Chocoladefabricant	⅔ =
21r	=	Riffault, Färberei auf Wolle, Seide ꝛc. . . .	1⅔ =
22r u. 23r	Bd.	Matthaey, Handbuch für Maurer. 2 Bde. .	2¾ =
24r	Bd.	Schedel, Destillirkunst	1 =
25r	=	Thon, Fabricant bunter Papiere	1¼ =
26r	=	Matthaey, Stein= oder Dammsetzer . . .	1⅓ =
27r	=	Schulze, Bau der Reitsättel	⅔ =
28r	=	Wölfer, Kalk= und Gypsbrennerei	⅓ =

29r	Bd.	**Servière**, Cultur, Kelterung, Behandlung ꝛc. d. Weine	¾	Rthl
30r	=	**Auch**, Handbuch für Landuhrmacher	1½	=
31r	=	**Höck**, Nadler, Drahtzieher	½	=
32r	=	**Beumenberger**, vollkommener Juwelier . . .	½	=
33r	=	**Fontenelle**, Essig- und Senfbereitung . . .	½	=
34r	=	**Schaller**, wohlunterrichteter Ziegler . . .	1¼	=
35r	=	**Thon**, Wachsfabricant und Wachszieher . . .	1	=
36r	=	**Fontenelle**, Oelbereitung	1¼	=
37r	=	**Wettengel**, Anleitung zum Geigenbau . . .	2½	=
38r	=	**Pilzecker**, Hutmacherkunst	¾	=
39r	=	**Bergmann**, Stärke- ꝛc. Fabrication . . .	1	=
40r	=	**Peclet**, Gebäude- Zimmer-, und Straßen-Erleuchtung	1½	=
41r	=	**Leischner**, vollkommene Liniirkunst	½	=
42r	=	Handbuch der Frisirkunst	½	=
43r	=	**Pescheck**, das Ganze des Steindrucks . . .	1⅓	=
44r	=	**Haumann**, Seidenbau	1	=
45r	=	Der Brunnen-, Röhren-, Pumpen- u. Spritzen-Meister	1⅓	=
46r	=	**Stratingh**, Bereitung und Anwendung des Chlors .	1½	=
47r—49r	Bd.	**Matthaey**, Handbuch f. Zimmerleute. 3 Bde. .	5½	=
50r	Bd.	**Grandpré**, Handbuch der Schlosserkunst . . .	1½	=
51r	=	**Matthaey**, Ofenbaumeister	1¼	=
52r	=	**Matthaey**, die Kunst des Bildhauers . . .	1½	=
53r	=	**Lebrun**, Klempner und Lampenfabricant . . .	1½	=
54r	=	**Thon**, Kupferstecher- und Holzschneidekunst . .	1½	=
55r	=	**Thon**, Lehrbuch der Reißkunst	1½	=
56r	=	**Bastenaire**, weißes Steingut zu machen . . .	2	=
57r u. 58r	Bd.	**Weinholz**, Handb. d. Mühlenbaukunst. 2 Bde.	4	=
59r	Bd.	**Leischner**, Verfertigung von Papparbeiten . . .	1	=
60r	=	**Thon**, Anleitung, Meerschaumköpfe ꝛc. . . .	¾	=
61r	=	**Matthaey**, der vollkommene Dachdecker . . .	1½	=
62r	=	**Leng**, Lehrbuch der Gewerbskunde	2	=
63r	=	**Bürck**, Juwelier, Gold- und Silberarbeiter . .	2½	=
64r	=	**Ciliax**, Riemer und Sattler	1¼	=
65r	=	**Beckmann**, Wagner, Stellmacher u. Chaisenfabricant	2	=
66r—71r	Bd.	**Verdam**, Grundsätze der Werkzeugswissenschaft und Mechanik. I. Thl. 1½ Rthl. — II. Thl. 3 Rthl. — III. Thl. 2 Rthl. — IV. Thl. 1e—4e Abth. A. u. d. T.: **Verdam**, Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen. 5½ Rthl.	12	=
72r	Bd.	**Schmidt**, Handbuch der Zuckerfabrication . . .	2½	=
73r u. 74r	Bd.	**Lenormand**, Handb. d. Papierfabrication. 2 Bde.	5	=
75r	Bd.	**Schumann**, durchsichtiges Porzellan anzufertigen .	1½	=
76r	=	**Biot**, Anlegung u. Ausführung aller Arten v. Eisenbahnen	1⅓	=
77r	=	**Schmied**, Korb- u. Strohflechtekunst u. d. Siebmacherei	1	=
78r	=	**Sternheim**, Construction der Sonnenuhren . .	1½	=
79r	=	**Leng**, Handbuch der Glasfabrication	2⅔	=
80r u. 81r	Bd.	**Hartmann**, Metallurgie f. Künstler. ꝛc. 2 Bde.	3⅓	=
82r	Bd.	**Siddon**, engl. Rathgeber z. Poliren, Beizen, Lackiren ꝛc.	1¾	=
83r	=	**Greener**, Gewehrfabrication	1⅓	=
84r	=	**Leng**, der Handschuhfabricant	1	=
85r	=	**Landrin**, die Kunst des Messerschmiedes . . .	1⅔	=
86r	=	**Rosling**, Beinschwarz-, Phosphor-, Salmiak-, ꝛc. Fabrication	2	=
87r	=	**Thon** Staffirmalerei und Vergoldungskunst . .	1¼	=
88r	=	**Bastenaire**, Kunst, Topferwaare zu fertigen . .	1¼	=
89r	=	**Thon**, Klavier-Saiten-Instrumente	¾	=
90r	=	**Barfuß**, Geschichte der Uhrmacherkunst . . .	1⅔	=
91r	=	**Wolfer**, Seilerhandwerk	⅔	=
92r	=	**Hamberger**, Lustfeuerwerkerei	⅔	=
93r	=	**Ure**, Handbuch der Baumwollenmanufactur . .	4½	=

94r	Bd.	Wölfer, Pergamenter, Leimsieder u. Potaschenfabricant	1 Rthl.
95r	=	Thon, Anleitung zum Branntweinbrennen	1 2/3 =
96r	=	Schmidt, Grundsätze der Bierbrauerei	1 3/5 =
97r	=	Hartmann, Probirkunst	5/6 =
98r	=	Janvier, Construction der Dampfschiffe	1 =
99r	=	Bergmann, Mühlenbauer ꝛc.	2 1/2 =
100r	=	Verdam, Werkzeugswissenschaft IV. Thls. Ergänzungsband	2 1/2 =
101r	=	Höhne und Rösling, der Kupferschmied	1 3/4 =
102r	=	Barfuß, die Kunst des Böttchers ꝛc.	1 1/4 =
103r	=	Hartmann, Handbuch der Metallgießerei	4 1/2 =
104r	=	Schmidt, Feuerzeugs-Praktikant	1/2 =
105r	=	Reimann, Kunst des Posamentirers	1 1/2 =
106r	=	Sennewald, Linnen- ꝛc. Weberei	3 1/4 =
107r	=	Thon, Holzbeizkunst	1 =
108r	=	Wallack, Gürtler und Broncearbeiter	1 1/2 =
109r	=	Zerrenner, Hufschmied	3/4 =
110r	=	Schmidt, Handbuch der gesammten Lohgerberei	2 =
111r	=	Schmidt, die Lederfärbekunst	1 =
112r	=	Hartmann, Brennmaterialkunde	2/3 =
113r	=	Hartmann, Handbuch der Pulverfabrication	1 1/6 =
114r	=	v. Konneritz, Schleifen der Edelsteine	1 =
115r	=	Kühn, Kammmacher	5/6 =
116r	=	Hartmann, Seidenmanufacturwesen	2 2/3 =
117r	=	Schmidt, Farbenlaboratorium	2 =
118r	=	Schmidt, Emailfarben-Fabrication	3/4 =
119r	=	Hoppe, Bürstenfabricant	1/4 =
120r	=	Scherf, Waidindigküpe	1/2 =
121r	=	Diete, Lehrbuch für Schneider	3 =
122r	=	Hartmann u. Schmidt, Wollmanufactur	3/4 =
123r	=	Walker, Galvanoplastik	1 =
124r	=	Hartmann, artesische Brunnen	1 1/4 =
125r	=	Schmidt, Illuminirkunst	7/8 =
126r	=	Schmied, Schirmfabricant	1 1/2 =
127r	=	Flachat, Locomotivführer	2 =
128r	=	Schmidt, Flachsmaschinenspinnerei	1 =
129r	=	Alsing, Spritzenfabricant	1/4 =
130r	=	Schmidt, Kürschnerkunst	1/2 =
131r	=	Schmidt, Büchsenmacherkunst	1 =
132r	=	Scherf, Kleinigkeitsfärberei	1 =
133r	=	Schmidt, Kunst des Vergoldens ꝛc.	1/4 =
134r	=	Hertel's Academie der zeichnenden Künste	2 3/4 =
135r	=	Schmidt's Handbuch der Baumwollenweberei	2 =
136r	=	Thon, Kittkunst	1/2 =
137r	=	— Löthkunst	1/2 =
138r	=	Henze's Handbuch der Schriftgießerei	1 1/3 =
139r	=	Geest, Handbuch der Kattunfabrication	5/6 =
140r	=	Boutereau, Treppenbau	1 1/3 =
141r	=	Geest, Baumwollfärberei	3 =
142r	=	Peclet, Feuerungskunde	3 1/3 =
143r	—	145r Bd. Leblanc, Maschinenbauer 1r, 2r, 3r à	1 1/3 =
146r	Bd.	Brongniart, Porcellanmalerei	1 1/2 =
147r	=	Hampel, Gemälderestauration	2/3 =
148r	=	Hertel, Bautischler	2 =
149r	=	Weintz, Fleischer- und Wurstlergeschäft	5/6 =
150r	=	Fournel, Zimmeröfen	7/8 =
151r	=	Schmidt, Papiermaché	1 1/2 =
152r	=	Ritchie, Eisenbahnwesen	1 1/2 =
153r	=	Schmidt, Bäckerhandwerk	1 1/3 =

154r	Bd.	Huguenet, über den Asphalt	1/2	Rthl.
155r	=	Ludowig, Bleiweißfabrication	1/2	=
156r	=	Schmidt, Zusätze z. Farbenlaboratorium	1/2	=
157r	=	Gilroy, Handbuch der Webekunst	4	=
158r	=	Grouvelle, Dampfmaschinenkunde I.	4 1/2	=
159r	=	— — — — — II.	4 1/2	=
160r	=	Hartmann, Führer bei'm Schürfen	1 1/6	=
161r	=	Hartmann, Hohofen- und Hammermeister	3	=
162r	=	Persoz, Zeugdruck I.	2	=
163r	=	— — — — II.	2	=
164r	=	Ludowig, Kartoffelbier	1/2	=
165r	=	Schmied, Gypsfiguren	1/3	=
166r	=	Steinmann, Luftschifffahrtskunde	1 1/3	=
167r	=	Hartmann, mineral. Brennstoffe	1 1/2	=
168r	=	König, Schlosserkunst	1 1/4	=
169r	=	Harzer, Huf- und Grobschmied	2 1/4	=
170r	=	Harzer, Siegellackfabrication	1/4	=
171r	=	Schreiber, Uhrmacherkunst	2 1/2	=
172r	=	Hay, Farbenharmonie	1	=
173r	=	Schmidt, Formschneidekunst	1/2	=
174r	=	Brandely, Electrochemie	1/4	=
175r	=	Harzer, magnet. Electrizität	1	=
176r	=	Schmidt, vollständiger Schreibmaterialist	2 1/2	=
177r	=	Schreiber, Glasblasekunst	1	=
178r	=	Holtzapfel, Werkzeugslehre I.	1 1/2	=
179r	=	— — II.	2 1/2	=
180r	=	Quekett, Mikroskopie	2 1/2	=
181r	=	Hartmann, amerik. Mühlen	2 1/3	=
182r	=	— Gasbeleuchtung	1	=
183r	=	Schreiber, Tabacksfabrikant	1	=
184r	=	Hertel, Perspective od. d. Lehre von d. Projectionen	2 5/6	=
185r	=	Herzberg, Handbuch der chemischen Fabrikenkunde	2 2/3	=
186r	=	Hartmann, vollständ. Handbuch der Metalldreherei	2 1/2	=
187r	=	Harzer, Turbinen	1 1/3	=
188r	=	— Drahtzieher	1 1/4	=
189r	=	Lirante, Straßen- und Canalbau	2 1/2	=
190r	=	Newth, Statik	5/6	=
191r	=	Perini, Schweizerzuckerbäcker.		
192r	=	Flachat, Locomotivführer. II.		

Vorwort.

Zu den vielen Werken über die verschiedenen Zweige des Bauwesens, welche der „Schauplatz" umfaßt und die bereits eine ganze Bibliothek umfassen, gehörte durchaus ein übersichtliches Werk, in welchem von den wichtigsten Baumaterialien, Bauarbeiten und den wichtigsten Zweigen der öffentlichen Bauten, auf eine Weise und durch viele Abbildungen erläutert, geredet wird, daß auch jeder Nichttechniker, der Baue unternehmen will, den gehörigen Unterricht daraus schöpfen kann. Zu gleicher Zeit wird ein solches Buch auch Technikern jeder Art willkommen sein.

Es ist dem vorliegenden Werke eine sehr practische französische Schrift dieser Art zu Grunde gelegt; jedoch sind bei deren Bearbeitung überall deutsche und allgemeine Verhältnisse berücksichtigt.

Wir müssen unsere Leser nun auf folgende Bände des „Schauplatzes" aufmerksam machen, in denen verschiedene einzelne Zweige des Bauwesens speciell behandelt worden sind:

Bd. 140. Boutereau (in Paris), das Ganze des Treppenbaues oder ausführliche Anleitung im Zeichnen, Zureißen, Errichten ꝛc. aller Arten hölzerner Treppen, nebst einigen Bemerkungen über die steinernen Treppen. Deutsch bearbeitet und durch viele Zusätze vermehrt von J. A. Schulz, Civil-Ingenieur und Redacteur der populären Bauzeitung. Mit einem Atlas von 20 lithograph. Foliotafeln. 8. $1\frac{1}{3}$ Rthlr.

Bd. 150. Fournel, die zweckmäßigsten holzsparendsten und elegantesten Zimmeröfen und Zimmercamine neuester Zeit, bei deren Anlagen sicher allem Rauchen vorgebeugt wird, nebst Construction der neuesten und wirksamsten Luftheizungsöfen. Nach dem Französischen frei bearbeitet und mit einigen Erfahrungen und Zusätzen vermehrt von A. Schultz, Herausgeber der populären Bauzeitung. Mit 12 lithograph. Tafeln. 8. 1846. $\frac{7}{12}$ Rthl.

Bd. 148. Hertel, die moderne Bautischlerei. Ein Handbuch für Tischler und Zimmerleute; enthaltend alle Arbeiten, welche bei dem inneren Ausbau gewöhnlicher Wohnhäuser und in Prachtgebäuden vorkommen können. Nebst Anweisung, die Zeichnungen dazu zu entwerfen, sie speciell auszuführen, die Kosten zu berechnen,

sowie die nöthigen Lehren über geometrische Constructionen, Inhaltsbestimmungen und von der schönen Architectur. Mit einem Atlas von 70 Quarttafeln mit vielen hundert Figuren. 1847. 2 Rthlr.

Bd. 154. Huguenet über den Asphalt, dessen Vorkommen, Beschaffenheit, Darstellung als Asphalt, Mastix, sowie über seine Benutzung als natürlichen Mörtel, besonders zu Fußböden, Trottoirs und Dächern, nach den bis zum Jahre 1847 damit gemachten Erfahrungen. Aus dem Französischen von Carl Hartmann. Nebst 1 Tafel mit 12 Figuren. 8. 1847. $12\frac{1}{2}$ Sgr.

Bd. 22 u. 23. Matthäy (Baumeister in Dresden), practisches Handbuch für Maurer und Steinhauer in allen ihren Verrichtungen, enthaltend die nothwendigsten Lehren zur Kenntniß der Maurermaterialien, der Maurerarbeit und allgemein faßlichen Regeln zur Construction bürgerlicher Wohn-, Gewerbe- und Wirthschaftsgebäude, für Bau- und Gewerbeschulen, Baumeister und Maurer. 2 Bde. Mit einem Atlas von 50 Quarttafeln. Dritte von Hampel (Lehrer der Arithmetik und Architect zu Breslau) völlig umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage. 8. 1843. $2\frac{3}{4}$ Rthlr.

Bd. 52. Matthäy, die Kunst des Bildhauers in allen ihren Zweigen, enthaltend eine theoretisch-practische Anleitung zum Modelliren und wie man in Marmor, Alabaster, Sand und

andern Steinarten, desgleichen in Holz u. s. w. entwerfen und ausbilden soll. Nebst einer Anleitung zum Schleifen und Poliren dieser verschiedenen Steinarten, zur Vergoldung u. s. w. auf Stein und vorzüglich zur Ausstaffirung und Vergoldung der Holzarbeiten ꝛc. Mit 15 Steintafeln zur Kunstgeschichte und Erläuterung des Gebrauchs der Werkzeuge und Instrumente, so wie mit Zeichnungen von geschmackvollen Grabstätten. 8. 1830. $1\frac{1}{2}$ Rhlr.

Bd. 61. Matthäy, der vollkommene Dachdecker oder Unterricht in allen bis jetzt bekannten vorzüglichst anwendbaren und mit unsern Dachconstructionen und Bauverordnungen vereinbaren Dachbedeckungsarbeiten. Ein unentbehrliches Handbuch für Alle, denen an einer gegen Wind und Wetter gesicherten und möglichst dauerhaften, feuersichern Bedeckung ihrer Häuser und Wohnungen gelegen ist, besonders aber für Ziegel-, Stein-, Schiefer-, Lehmschindel-, Stroh- und Rohrdecker, Klempner und Beidecker, Zimmerleute und Oekonomen, die sich ihre Dachbedeckungen ohne große Kosten und zweckmäßig selbst machen oder machen lassen wollen; nebst Berechnung der Materialien und Arbeitslöhne. Nach den besten Schriften und eigener vieljähriger Erfahrung bearbeitet. Mit 34 lith. Tafeln. 8. 1834. $1\frac{1}{2}$ Rhlr.

Bd. 47 bis 49. Matthäy, theoretisch-practisches Handbuch für Zimmerleute in allen

ihren Verrichtungen. Zweite sehr vermehrte und zum Theil völlig neu bearbeitete Auflage von Hampel, Lehrer der Mathematik und Architect zu Breslau. Erster Theil enthält die wissenschaftlichen Vorkenntnisse des Zimmermanns oder die nothwendigsten Lehren der reinen und angewandten Mathemathik, mit 15 Planotafeln. (Preis $2\frac{1}{2}$ Rthlr.) Zweiter Theil, die Kenntniß der verschiedenen Zimmermaterialien und Bauhölzer, mit $1\frac{1}{2}$ Planotafeln. (Preis 1 Rthlr.) Dritter Theil, die Ausführung der sämmtlichen practischen Arbeiten des Zimmermanns in allgemein faßlichen Regeln zur Construction hölzerner Gebäude, gewöhnlicher und künstlicher Holzverbindungen, Dachwerke, Treppen, Brücken, Rüstungen ꝛc., mit 27 Foliotafeln. (Preis 2 Rthlr.) 8. 1845. Preis aller 3 Bände $5\frac{1}{2}$ Rthlr.

Bd. 16. Matthäy, der Stein- oder Dammsetzer, oder Unterricht in der zweckmäßigen Construction und Pflasterung der Straßen in den Städten. Nebst einer Anleitung zur Gründung der Städte hinsichtlich der Anlegung ihrer Straßen, ihrer öffentlichen Spaziergänge und ihrer Fahr- und Fußwege in den nächsten Umgebungen. Ein Handbuch für Stadtmagistrate und Polizeibehörden, für Civil-, Militär- und Straßenbaumeister, in'sbesondere aber für die sogenannten Pflasterer, Stein- oder Dammsetzer. Mit 8 lithograph. Tafeln. 8. 1827. $1\frac{1}{3}$ Rthlr.

Bd. 51. Matthäy, der Ofenbaumeister und Feuermechaniſt, oder die Kunſt, die Wirkung des Feuers zu vermehren, in Anwendung der beſten und neueſten Heizungs- und Erwärmungsarten unſerer Wohnungen. Ein Handbuch für alle Ofenfabricanten, Eiſenhüttenbeſitzer, Töpfer, Maurer und Alle, welche ſich mit den Anlagen der Feuerungsarten beſchäftigen und denen an wohlfeiler und geſunder Erwärmung ihrer Wohnungen unter eleganten Geſtaltungen der Erwärmungskörper gelegen iſt. Mit vielen Beiſpielen neuerfundener Oefen und Camine, ſowohl zur Erwärmung, wie zum landwirthſchaftlichen Gebrauch auf 43 lithographirten Tafeln. Dritte ganz umgearbeitete und mit 15 Tafeln verm. Auflage. 8. 1846. $1\frac{1}{4}$ Rthlr.

Bd. 142. Peclet (Generalinſpector der franz. Univerſitäten, Profeſſor der angewandten Phyſik zu Paris), Grundſätze der Feuerungskunde, namentlich der Anlegung von Heerden, Schornſteinen, Caminen, Stubenöfen, Heizgewölben, Warmwaſſerheizungen, Lüftungsapparaten ꝛc. Mit Berückſichtigung des deutſchen Bedarfs nach der zweiten ſehr vermehrten Auflage des **Traité de la chaleur** deutſch bearbeitet von **Dr. C. Hartmann.** Mit 46 lithograph. Foliotafeln. 8. 1845. $3\frac{1}{3}$ Rthlr.

Bd. 40. Peclet, die Kunſt der Gebäude-, Zimmer- und Straßenerleuchtung durch Oel, Talg, Wachs und Gas. Enthaltend die phy-

ficalischen Grundsätze der Erleuchtungskunst, die practische Anweisung zur Verfertigung der Talg=, Wachs=, Wallrath= und Stearinlichter und der Bereitung der Wachsstöcke und Wachsfackeln; die Bereitung und Reinigung des Brennöls und der vorzüglichsten Lampen aller Art; die Bereitung des Gases, nebst den dazu gehörigen Vorrichtungen, als Leuchtstoff zu dienen; die Anwendung der Reflectoren und Refractoren zur Erleuchtung der Straßen, Säle, Theater und Leuchtthürme 2c., und die Vergleichung der Lichtmassenverhältnisse, welche die verschiedenen Leuchtstoffe geben. Nebst einer Anweisung zur Verfertigung der einfachsten und neuesten Feuerzeuge für Klempner, Lampen=, Licht= und Oelfabrication, sowie für Alle, denen Erleuchtung aller Art obliegt. Nach dem Französischen frei bearbeitet von J. Chr. G. Weise. Zweite sehr verbesserte und vermehrte Auflage von C. Hartmann. Mit 10 lithograph. Tafeln. 8. 1847. $1\frac{1}{2}$ Rthlr.

Bd. 34. Schaller, der wohlunterrichtete Ziegler oder ausführliche Anleitung zur Verfertigung aller Arten von Mauer= und Dachziegeln. Dritte durch den Bauinspector W. Hertel in Naumburg sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 12 lithogr. Tafeln. 8. 1850. $1\frac{1}{4}$ Rthlr.

Bd. 28. Wölfer, die Kalk= und Gypsbrennerei in ihrem ganzen Umfange, zum Selbstunterricht für Kalk= und Gypsbrenner, Maurer,

Tüncher, Ziegeldecker, Lederfabricanten und Dekonomen. Mit 66 Abbild. 8. 1827. $\frac{3}{4}$ Rthlr.

Sowie nun diese Werke ergänzend und die verschiedenen Zweige des Bauwesens weiter ausdehnend zu dem vorliegenden Buche stehen, so ergänzt das unsrige auch die erwähnten und vereinigt sie zu einer vollständigen architectonischen Bibliothek.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Erster Abschnitt.

Von den Baumaterialien.

Erstes Capitel. Von den natürlichen Steinen . 1
I. Beschaffenheit und Vorkommen . . . —
II. Bearbeitung der Steine 18
Weitere Ausarbeitung der Formen . . . 32
Deutsche Eisen 39
Englische Eisen 41
Zweites Capitel. Von den Ziegelsteinen und den Ziegeln 53
Leichte oder schwimmende Ziegel 86
Drittes Capitel. Vom Kalke, Mörtel und Gyps 90
Vom Luftkalke 91
Die Kalksteine 92
Das Brennen des Kalkes 98
Der gebrannte Kalk 112
Das Löschen 115
Vom Luftmörtel 120
Feuchtwerden und Auswitterungen des erhärtenden Mörtels 124
Vom hydraulischen Kalk 126
Künstliche hydraulische Kalke 133
Vom Gyps. Begriff 146
Vorkommen 147

	Seite
Eigenschaften	149
Das Brennen des Stuccaturgypses . . .	150
Viertes Capitel. Von dem Holze . . .	164
Auslaugen mit kaltem Wasser	196
Auslaugen mit kochendem Wasser (Auskochen) .	197
Auslaugen mit Dampf (Dämpfen des Holzes) .	—
Fünftes Capitel. Metalle	208
I. Eisen	—
Allgemeine Eigenschaften	—
Besondere Eigenschaften	213
Verschiedene Eigenschaften des im Handel vorkommenden Eisens	—
Statistik des Eisens	218
Verbindung des Eisens mit der Kohle . .	224
Stahl	225
Bereitung dieser verschiedenen Stahlarten .	226
Roheisen	230
II. Kupfer	233
Allgemeine Eigenschaften	—
III. Zink	239
IV. Zinn	240
V. Blei	242
VI. Legirungen des Kupfers	244
Kupfer und Kalium	244
Kupfer und Zink	245
Kupfer und Zinn	249
Kupfer, Nickel und Zink	252

Zweiter Abschnitt.

Die hauptsächlichsten Bauarbeiten.

Erstes Capitel. Von der Mauerung . . .	254
Bruchsteinmauerung	262
Backsteinmauerung	263
Gründungen	264
Construction des Mauerwerks	290
Fundamente	—
Stützmauern, Futtermauern	294
Zweites Capitel. Von der Zimmerung . .	324
Hölzerne Bögen	337
Lehrgerüste	339

	Seite
Bänder und Zangen für dir Rippen	343
Fugen	—
Holzverbindungen nach der Länge	345
Verbindungen des Endes des einen Holzes mit der Seite des andern	347
Bandfugen	348
Zimmerwerk von Eisen	—
Eisenverbindungen für Querdruck	349

Dritter Abschnitt.

Die hauptsächlichsten öffentlichen Bauten.

Erstes Capitel. Von dem Straßenbau	364
Pläne	366
Gewöhnliche Straßenlinie	367
Erdarbeit	373
Wasserableitung	379
Die Fahrbahn	382
Pflasterung	383
Schotterstraßen	387
Unterhaltung der Straßen	391
Querdimensionen der Straßen	392
Zweites Capitel. Von dem Eisenbahnbau	394
Die Bestimmung der Linie für eine Eisenbahn	—
Zweck einer Eisenbahn	395
Construction des Planums	412
Von dem Tunnelbau	427
Der Tunnelbau von Saint-Cloud	—
Der Tunnel von Montretout	441
Verschiedene Arten der Eisenbahnschienen	444
Gußeiserne Rinnenschienen	—
Gußeiserne Kantenschienen	445
Verbesserte Rinnenschienen	447
Schmiedeeiserne Plattschienen	448
Hölzerne Schienen	451
Gußeiserne Patent-Kantenschienen	—
Kantenschienen von Schmiedeeisen	452
Das Setzen von Steinblöcken in gewissen Fällen	460
Hölzerne Schwellen	464
Die Befestigung der Stühle auf den Blöcken	467

	Seite
Das Einkeilen der Schienen in die Stühle	469
Spurweite (gauge, gage)	471
Spielraum im Gleise (play)	480
Krümmungen oder Bogen einer Eisenbahn	—
Ausweichestellen	487
Drehscheiben	499
Signale	502
Abtheilungszeichen	503
Einfriedigung der Bahn	—
Drittes Capitel. Von dem Canalbau	505
Viertes Capitel. Von dem Brückenbau	536
I. Steinerne Brücken	—
Erweiterung des Wasserwegs	555
II. Hölzerne Brücken	567
III. Gußeiserne Brücken	585
IV. Hängebrücken	595
V. Bewegliche Brücken	614
Fünftes Capitel. Bauten an Flüssen und Meeresküsten	623
I. An Flüssen	—
Mittel gegen Ueberschwemmungen	627
II. Bauten an der Meeresküste	635
Sechstes Capitel. Von den Bewässerungsarbeiten	646

Erster Abschnitt.
Von den Baumaterialien.

Erstes Capitel.
Von den natürlichen Steinen.

I. Beschaffenheit und Vorkommen.

Der Ausdruck Stein, Fels wird für jede Verbindung mineralischer Stoffe gebraucht. Behufs der Beschreibung der Bausteine theilen wir diese in kieselige, thonige und kalkige ab.

Kieselige Steine. Sie haben ihren Namen vom Kiesel, welcher der Hauptbestandtheil der diese Steine bildenden Mineralien ist. Sie werden nach dem am häufigsten vorkommenden Mineral oder auch nach ihrer Structur benannt, wie feldspathig, quarzig oder sandig.

Die kieseligen Steine haben in hohem Grade die Eigenschaften der Stärke, Härte und Dauerhaftigkeit und liefern, da sie sehr große Verschiedenheit in dem Grade dieser Eigenschaften, wie in dem Ge-

füge zeigen, eine große Auswahl der besten Steine für die verschiedenen Aufgaben des Ingenieurs.

Syenit, Porphyr und Grünstein werden oft als Feldspathsteine bezeichnet. Ihre Dauerhaftigkeit, Stärke und Härte reihen sie an die Spitze der kieseligen Steine.

Syenit ist eine körnige Verbindung von Feldspath, Hornblende und Quarz. Er ist einer der geschätztesten Baustoffe für Werke, welche eine große Tragfähigkeit verlangen oder sehr zerstörenden Angriffen ausgesetzt sind, wie Seedämme, Leuchtthürme, Festungswerke. Syenit kommt in großen Stücken vor und kann von den Orten, wo er gebrochen wird, in jeder gesuchten Größe erhalten werden. Er ist wegen seiner Härte schwer zu behauen, und bei dem grobkörnigen erhält man keine glatten Flächen. Wie bei allen Feldspathsteinen hängt die Dauer des Syenits von der Zusammensetzung des Feldspathes ab, von welchem manche Arten sich sehr schnell an der Luft zersetzen. Die Dauer der Feldspathgesteine ist indessen sehr verschieden, selbst wo ihre Zusammensetzung dieselbe ist, und man sollte deßhalb, wo man zu wichtigen Werken solche Steine aus neuen Brüchen nehmen muß, keine Kosten sparen, um sich von der Dauerhaftigkeit derselben zu überzeugen. Syenit kommt in Deutschland nur auf wenige Puncte beschränkt vor; im Elbthale zwischen Meißen und Schandau, im Odenwalde und in kleineren Strecken an einigen Orten.

Porphyr ist dichter Feldstein, in welchem Krystalle von Feldspath und zuweilen von andern Mineralien zerstreut liegen. Porphyr kommt von verschiedener Härte und Structur vor; seine Seltenheit, wie seine große Härte, sind die Ursachen, daß er selten anders, als zu Säulen und zu anderen Ornamenten verwendet wird.

Grünstein und Diorit ist ein Gemenge von Hornblende mit dichtem und gewöhnlichem Feldspath, das zuweilen körnig, meist aber compact erscheint. Seine gewöhnliche Farbe ist in trockenem Zustande braun, im feuchten dagegen grünlich. Er ist hart und einer der dauerhaftesten Steine; da er aber in kleinen und unregelmäßigen Blöcken vorkommt, so ist sein Gebrauch als Baustein sehr beschränkt. Werden Mauern von diesem Steine mit sehr weißem Mörtel erbauet, so bieten sie einen malerischen Anblick dar, weßhalb sie in der ländlichen Architectur wohl angebracht sind. Grünstein wird als Straßenmaterial verwendet; große Quantitäten desselben werden jährlich in den Vereinigten Staaten von der Hauptlagerstätte desselben, den sogenannten Pallisaden am Hudson, zur Construction der Hafenmauer verwendet, da man gefunden hat, daß er der Einwirkung des Salzwassers gut widersteht. In Deutschland ist das Vorkommen des Grünsteins minder bedeutend; er findet sich am Harze, in Sachsen und im rheinischen Schiefergebirge, besonders in Nassau.

Granit und Gneiß sind aus denselben Mineralien zusammengesetzt; sie sind ein körniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer in verschiedenen Verhältnissen; nur das Gefüge unterscheidet beide. Gneiß ist schiefrig und bildet geschichtete Felsen. Gneiß ist weniger geschätzt, als Granit, weil seine schiefrige Natur die Größe der Blöcke beschränkt, und weil er sich nicht so eben wie der Granit rechtwinkelig auf die Lage spalten läßt, aber er ist dennoch ein für die meisten Bauten angemessenes Material. Er ist ebenso brauchbar, wenn er in dünnen Platten erhalten werden kann. Granit und Gneiß sind in manchen Theilen von Deutschland sehr allgemein verbreitet, so im Schwarzwalde, Odenwalde,

Thüringerwalde, Fichtelgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge und an andern Orten.

Granit kommt in sehr großer Verschiedenheit vor; herrscht der Quarz vor, so ist der Stein hart und spröde, und sehr schwer mit dem Meißel zu bearbeiten. Ein Ueberschuß von Glimmer macht den Stein zerbrechlich; hat der Feldspath das Uebergewicht, so sind die Steine von heller Farbe und besser unter den Meißel. Die besten Granite sind von feinem Korne mit gleichmäßiger Vertheilung der Bestandtheile. Die Farbe des Granits ist gewöhnlich grau; eine Abweichung hiervon rührt von der Farbe des Feldspathes. Eine seiner Varietäten, der als orientalischer Granit bekannt ist, hat eine schöne röthliche Farbe; er wird hauptsächlich zu Ornamenten verwendet.

Die Eigenschaften des Granits werden durch fremde Beimengungen geändert; Hornblende soll ihn zähe machen, Schörl dagegen sehr spröde. Das Eisenoxydul und das Schwefeleisen sind die schlimmsten Beimengungen; durch die Oxydation des ersten und die Zersetzung des letzten führen sie das Auseinanderfallen und Zerbröckeln des Steins herbei.

Granit, Gneiß und Syenit unterscheiden sich so wenig in ihren wesentlichen Eigenschaften als Baumaterialien, daß sie ohne Unterschied für alle Bauten von Dauer und Festigkeit verwendet werden können.

Glimmerschiefer, aus Quarz mit vielem Glimmer bestehend. Er wird hauptsächlich in Platten zu Trittsteinen, Einfassungen u. dergl. verwendet.

Poröser Quarzfels, Mühlstein. Ein sehr harter Stein, der ein sehr gutes Material zu gewöhnlichen Bauten und zur Beschotterung der Straßen ist.

Hornstein, ein sehr gutes Straßenmaterial.

Seifenstein ist ein theilweise erhärteter Talk. Für gewöhnliche Bauten ist er nicht brauchbar, ist

aber gut zu verwenden zu Oefen und zur Bekleidung der Feuerstellen.

Talkschiefer ist aus Talk und Quarz zusammengesetzt und wird wie der Glimmerschiefer verwendet.

Sandstein besteht aus Körnern von kieseligem Sande, der aus zerfallenen kieseligen Felsen entstanden ist, verbunden durch ein meist thoniges oder kieseliges Mittel.

Die Tragfähigkeit, Härte und Dauer des Sandsteins wechseln zwischen sehr weiten Grenzen. Einige stehen als Bausteine nur wenig unter gutem Granite, andere sind sehr weich, zerbrechlich und zerfallen bald im Wasser. Die wenigst dauerhaften Steine sind die, welche viel thoniges Bindemittel haben; auch die mit feldspathartigen Bestandtheilen widerstehen den Einwirkungen des Wassers nur wenig.

Sandsteine werden sehr allgemein als Bausteine, als Platten, als Straßenmaterial verwendet, und einige Arten sind herrliche feuerfeste Steine. Die meisten Sandsteine lassen sich leicht mit dem Meißel und mit der Säge bearbeiten, spalten in ebenen Flächen und eignen sich deßhalb besonders zu behauenen Quadersteinen. Die Farben des Sandsteins sind sehr mannichfaltig, gewöhnlich grau, braun oder roth.

Sandsteine, die ein gutes Baumaterial bilden, sind über das ganze gebirgige Deutschland verbreitet, und in manchen Gegenden fast der ausschließliche Baustein.

Die Sandsteinbildungen in den Vereinigten Staaten sind sehr ausgedehnt, und eine große Anzahl von Brüchen werden in Neu-England, New York und den Mittelstaaten ausgebeutet.

Die Mehrzahl der in Washington zu den öffentlichen Bauten verwendeten Bausteine sind Sandsteine

aus den Brüchen von Acquia Creek und Rappahannok. Viele dieser Steine enthalten Feldspathe, haben wenig Stärke und verwittern schnell. Die rothen Sandsteine, welche in den großen americanischen Städten verbaut werden, sind aus Steinbrüchen in der Formation, die sich vom Hudson bis nach Nord-Carolina hinzieht, oder von einer abgesonderten Ablagerung im Thale des Connecticut. Die dauerhaftesten und härtesten Steine dieser Sandsteinbildung finden sich in der Nähe von Basalterhebungen. Die dünnen Platten, welche in den nordamericanischen Städten verwendet werden, kommen aus den Brüchen am Connecticut oder von der Catskill-Gruppe von Bergen, näher dem Hudson. Manche Steinbrüche, welche vorzügliche Bausteine liefern, beuten die ausgedehnten Sandsteinbildungen längs der Appalachiankette aus, welche sich durch das Innere von New-York und Virginien und die zwischenliegenden Staaten hinzieht.

Thonige Gesteine. Die hierher gehörigen Gesteine bestehen meistens aus Thon in mehr oder weniger erhärtetem Zustande und sind meistens schieferig. Sie sind von sehr verschiedener Tragfähigkeit, sind im Allgemeinen nicht dauerhaft, ja manche zersetzen sich sehr schnell, was von beigemengten Schwefelmetallen und Salzen herrührt. Der Gebrauch dieser Steine beschränkt sich auf das Decken und Platten.

Dachschiefer. Dieser bekannte Stein ist ein erhärteter, blättriger Thon, bei dem die Spaltflächen eine natürliche Politur haben. Die besten Arten spalten in dünne, gleich dicke Blätter, sind frei von Schwefeleisen und geben bei'm Anschlagen einen hellklingenden Ton; sie nehmen nur wenig Wasser auf. Viel Dachschiefer, der in den Vereinigten Staaten gebrochen wird, ist von sehr geringer Art, wird brüchig und zerfällt nach wenig Jahren. Die Dauer des besten europäischen Dachschiefers ist um hundert

Jahre größer und es ist festgestellt, daß einige von unsern Steinbrüchen ein Material liefern, das nicht merklich hinter dem besten fremden zurücksteht, das auf unsere Märkte gebracht wird. Dachschieferbrüche finden sich in Neu-England, New-York und Pennsylvanien. In Deutschland sind sehr ergiebige Dachschieferbrüche, deren Schiefer weit verführt wird, in den Rheingegenden, am nördlichen Harze u. a. O.

Grauwackeschiefer besteht meist aus erhärtetem Thone; er hat ein mehr erdiges Ansehen, als der Dachschiefer und ist deutlich sandig. Seine Farbe ist meist dunkelgrau oder roth. Er wird hauptsächlich in Platten gebrochen.

Hornblendeschiefer besteht aus Hornblende mit wenig Quarz und wird zu Platten verwendet.

Kalkige Gesteine. Kalkstein und Marmor sind wichtige Bausteine, die wichtigsten Ornamentensteine, und liefern den Hauptbestandtheil der Cemente und Mörtel, welche zu Mauerwerk verwendet werden. Kalkstein braus't mit Säuren auf; große Hitze treibt aus ihm Kohlensäure und Wasser, und verwandelt ihn in Aetzkalk. Dieser nimmt Wasser begierig auf und löscht sich dabei ab. Bei dieser Aufnahme von Wasser entwickelt sich bedeutende Wärme; der Kalk berstet, zerfällt in Stücke, Gries und endlich in Staub, welcher mit noch mehr Wasser zu Kalkbrei angerührt werden kann.

Die Kalksteine sind sehr verschieden in ihren physicalischen Eigenschaften; einige sind so dauerhaft wie die besten kieseligen Steine, welchen sie nur wenig in Tragfähigkeit nachstehen; andere verwittern schnell, andere sind, unmittelbar nachdem sie gebrochen worden, so weich, daß sie Eindrücke des Nagels annehmen und zwischen den Fingern zerbrochen werden können. Den Beimengungen zu dem kohlensauren Kalk verdanken wir einige der unschätzbarsten

Baumaterialien. Die, welche durch Metalloxyde oder andere Mineralien gefärbt sind, gaben die lange Reihe der mannichfaltigsten Marmore, während andere, mit einer Beimengung von Thon oder Bittererde, nach dem Brennen Mörtel geben, welche unter Wasser erhärten, woher jene Kalke den Namen hydraulische erhalten haben.

Der Kalkstein ist körnig, oder dicht. Von beiden Arten giebt es Marmore und gewöhnliche Bausteine; die ersten sind die, welche Politur annehmen.

Der körnige Kalkstein ist im Allgemeinen dem dichten vorzuziehen; der beste ist der von ganz feinem Korn. Der grobkörnige ist gewöhnlich zerbrechlich und bröckelt, der Luft ausgesetzt, bald ab. Alle Abarten sind leicht mit dem Meißel und der Steinsäge zu bearbeiten und können in Blöcken von jeder angemessenen Größe für die schwersten Bauten erhalten werden.

Die Dauer des Kalksteins hängt von der Beimengung fremder Mineralien ab; Thon verdirbt den Stein, besonders wenn er, wie dieß zuweilen vorkommt, in dünnen Adern durch die Lager setzt; Stücke, welche diesen Fehler haben, trennen sich in der Feuchtigkeit längs dieser Adern. Eisenoxydul, reines und kohlensaures, Schwefeleisen sind ebenso zerstörend und bringen oft durch ihre chemischen Aenderungen ein Zerfallen des Steins mit sich.

Unter den unreinen Kalksteinen verdienen die Bittererdekalke besonders hervorgehoben zu werden. Sie heißen Dolomite und gelten in Europa für sehr gute Bausteine, wenn sie ein krystallinisches Gefüge haben und hart sind. Bei ähnlichen Steinen aus den Brüchen in New-York und Massachusetts hat man dieß nicht gefunden; sie waren im Gegentheil sehr zerbrechlich.

Marmore sind theuer und deßhalb für Ornamente zurückbehalten; die Farbe und das Ansehen haben ihnen verschiedene Namen gegeben.

Kalksteine sind so sehr verbreitet und werden an so vielen Orten gebrochen, sei es zu Bausteinen oder zum Kalkbrennen, daß es unmöglich ist, alle diese Fundorte aufzuzählen. Eine der bemerkenswerthesten Ablagerungen dieser Steine in den Vereinigten Staaten zieht sich ununterbrochen von Canada durch Vermont, Massachusetts, Connecticut, New-York, New-Jersey, Pennsylvanien, Virginien und wahrscheinlich noch weiter südlich.

Marmore werden an vielen Orten in den Vereinigten Staaten gebrochen. Unter den bekanntesten sind die Steinbrüche in Berkshire County, Massachusetts, welche beide einfarbige und vielfarbige Marmore liefern; die Brüche am Potomac, woher die Säulen von Conglomeratmarmor im Innern des Capitols von Washington kommen; verschiedene in New-York, welche weiße und bunte Marmore liefern; andere in Connecticut, wo man unter andern einen **Verde antico** bricht.

Kalksteine werden für Bauten oder für die Agricultur überall gebrannt, wo man ihre Lager antrifft. Thomaston in Maine hat während einiger Jahre die meisten Märkte der Seeküste mit einem Material versehen, das als vorzüglich für gewöhnliche Bauten betrachtet wird. Eine der wichtigsten Zugaben zu den Baustoffen unserer Gegend erhielten wir durch die Auffindung des hydraulischen Kalkes in New-York. Die Zubereitung dieses für Wasser- und andere wichtige Bauten so unentbehrlichen Materials wird ausgedehnt zu Roundout, am Delaware- und Hudsoncanal, in Madison County betrieben, und von da wird es nach allen Theilen der Vereinigten Staaten versandt, wo überall große Nachfrage darnach für die

unter der Aufsicht von Civil- und Militär-Ingenieure ausgeführten Bauten ist. Nicht weniger wichtig sind die Dolomite, auf welche wegen ihrer Brauchbarkeit zu Wasserbauten vor wenigen Jahren Prof. W. B. Rogers aufmerksam machte. Aus den Versuchen von Vicat, welcher in Frankreich zuerst diese Eigenschaft der Dolomite beobachtete, wie aus den Versuchen in unserer Gegend scheint mit größter Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, daß Dolomite, die eine gewisse Menge Bittererde enthalten, ganz ebenso hydraulischen Kalk liefern, wie die Thonkalke, welche früher allein hierzu verwendet wurden.

Dolomite und Thonkalke kommen in sehr großer Ausdehnung vor. Die hydraulischen Kalke von New-York bilden einen Theil der Wasserkalkgruppe der geologischen Uebersicht von New-York. Diese Verbindung ist von gleicher Verbreitung mit der Helderbergkette, soweit sie New-York durchkreuzt; sie tritt in manchen Thälern von Pennsylvanien und Virginien auf, westlich vom großen Thale. Sie muß gerade unter, oder nicht weit unter den Oriskany-Sandsteinen der New-Yorker Uebersicht gesucht werden. Dieser Sandstein ist leicht zu kennen; er hat eine gelblichweiße Farbe, körniges Gefüge, mit großen Höhlungen von verwitterten Muscheln. Dieser Kalkstein ist gewöhnlich erdig, schmutzig gefärbt, zuweilen grünlich blau, was bei'm Brennen bleibt. Die hydraulischen Dolomite sind die ältesten, Versteinerungen führenden Kalksteine der Vereinigten Staaten; sie gehören zu dem Blackriver- oder Mohawk-Kalksteine der New-Yorker Uebersicht und kommen mit den Schichten vor, welche diese Uebersicht die Hudsonrivergruppe nennt. Diese ausgedehnte Ablagerung liegt in dem großen Appalachianthale, bekannt als das Thal des Champlain-Sees, Thal des Hudson, soweit als die Hochlande, Cumberlandthal, Thal von Virginien und Thal von Ost-Tenessee. Derselbe Stein findet sich in einigen

der westlichen Thäler der Berggegend von Pennsylvanien und Virginien.

Die Wichtigkeit des hydraulischen Kalkes für die Sicherheit der Bauten, welche fortdauernd der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, gewährt der Kenntniß der geologischen Lagen, in welchen er gefunden wird, das größte Interesse. Aus den Resultaten der geologischen Untersuchungen in Europa und in den Vereinigten Staaten müssen Kalksteine, welche hydraulischen Mörtel geben sollen, hauptsächlich in solchen Ablagerungen gesucht werden, welche mit Thonschiefer und andern thonigen Schichten in Berührung stehen. Das berühmte römische oder Parker'sche Cement aus England, welches, wegen seines schnellen Hartwerdens im Wasser, ein wichtiger Handelsartikel geworden ist, wird aus Kugeln eines zusammengebackenen thonigen Kalksteins bereitet, der von Adern von Kalkspath durchzogen ist. Aehnliche Kugeln werden in Massachusetts und andern Staaten gefunden; und es ist wahrscheinlich, daß diese bei zweckmäßigem Brennen und Zermahlen ein Material geben, das dem eingeführten in keiner Weise nachstehen würde.

Gyps ist ein sehr weicher Stein, der nicht als Baustein, aber vielfältig zu Gesimsen und andern Verzierungen im Innern der Gebäude verwendet wird. Hierzu wird er gebrannt, wodurch er seine Krystallisationswasser verliert. Dann wird er mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und in Formen gegossen, wo er schnell erhärtet. Gebrannter Gyps wird auch als Bindemittel für Steine gebraucht, wozu er aber sehr unpassend ist; denn wie er feucht wird, schwillt er auf, bekommt Risse und zerbröckelt. Gyps wird auch Pariser Pflaster genannt, von dem ausgedehnten Gebrauche, der von ihm in Paris und der Umgegend gemacht wird, wo er zerbrochen und in alle Welt versendet wird; er ist von besserer Quali-

tät, was von einer Beimengung von kohlensaurem Kalke herrühren soll.

Gyps wird an vielen Orten der Vereinigten Staaten angetroffen. Große Quantitäten werden in New-York für das Bauwesen wie für die Landwirthschaft gewonnen.

Die wichtigsten Eigenschaften eines Bausteins sind seine Dauerhaftigkeit unter den gewöhnlichen Umständen, seine Fähigkeit, in hohen Temperaturen unverändert zu bleiben, und sein Widerstand gegen die Zerstörung durch süßes oder Salzwasser.

Die Dauer eines der Witterung ausgesetzten Steines ist sehr verschieden und hängt nicht allein von dem Gefüge und der Zusammensetzung desselben ab, sondern ebensosehr von dem Ort und der Lage, welche er gegen die vorherrschenden Regenstriche in dem Baue einnimmt. Die Chemiker und die Geologen haben bis jetzt keine Regeln aufgestellt, nach denen der Ingenieur, ohne zu fehlen, die Dauerhaftigkeit eines Steines für die gewöhnlich angenommene Zeit des Bestehens eines Bauwerkes aussprechen kann. In der That läßt der Gegenstand nur allgemeine Angaben zu; aber Steine von demselben Gefüge und derselben Zusammensetzung haben aus noch nicht gehörig festgestellten Ursachen sehr verschiedene Dauer. Dieß fällt besonders bei den Feldspathgesteinen auf. Als allgemeine Regel gilt, daß die feinkörnigen Steine, welche wenig Wasser absorbiren und ein großes specifisches Gewicht haben, die dauerhaftesten sind. Das Gewicht des Steins kann aber durch Eisenoxydul, das in ihm in großer Menge vorkommt, ein großes sein, und dieser Bestandtheil ist stets der Dauerhaftigkeit ungünstig. Ueberhaupt vermindern die verschiedenen chemischen Verbindungen von Eisen und Kali und der Thon, wenn sie in beträchtlicher Menge vorkommen, die Dauerhaftigkeit

des Steins. Das Kali des Feldspathes lös't sich auf, nimmt eine bedeutende Menge Kieselerde mit und läßt eine thonerdereiche Masse zurück. Der Thon nimmt Wasser auf, wird weich und der Stein zerfällt in Stücke. Eisenoxydul färbt in einigen Fällen den Stein bei seiner Umwandlung in Oxyd anders. Dieses nimmt in manchen Fällen dem Stein seinen Werth, wie dem weißen Marmor, wogegen in andern Fällen ein buntes Aeußeres entsteht, das den malerischen Effect erhöht.

Der Frost oder vielmehr das Frieren und Wiederaufthauen ist das zerstörendste Mittel der Natur, mit welchem der Ingenieur zu streiten hat. Die Wirkung ist nach dem Gefüge verschieden; Steine mit faseriger Textur spalten auf; poröse Steine bröckeln ab. Soll ein Stein aus einem neuen Bruche untersucht werden, so beobachtet man am besten jeden Fels von derselben Art, welcher in der Nachbarschaft des Bruchs dem Froste ausgesetzt war. Unterzieht man den Stein frisch aus dem Bruche der Einwirkung des Frostes, so kann er hierdurch angegriffen werden, ohne deßhalb, wenn er zuvor ausgetrocknet ist, dasselbe zu thun, was der Fall sein wird, wenn der Stein, nachdem er die Feuchtigkeit des Steinbruchs verloren hat, nicht mehr dieselbe Menge Feuchtigkeit wieder absorbirt.

Brard hat ein Verfahren zur Untersuchung der Steine auf ihr Verhalten gegen den Frost angegeben, welches von vielen französischen Architecten und Ingenieuren durch ihre Erfahrungen bestätigt wird. Brard verlangt, man solle einen kleinen Würfel von ungefähr 2 Zoll Seite sorgfältig von dem zu prüfenden Steine herstellen. Man bereitet eine kaltgesättigte Auflösung von Glaubersalz, welche man dann bis zum Sieden erhitzt. Der an einem Faden befestigte Stein wird in die kochende Flüssigkeit gebracht

und 30 Minuten lang darin gelassen, wobei die Auflösung fortwährend im Kochen erhalten wird; nun wird der Stein sachte aus der Flüssigkeit gezogen. Diese wird von dem Bodensatze decantirt und der Stein an einem kühlen Orte über der decantirten Flüssigkeit aufgehängt. Bald zeigt sich an dem Stein eine Ausblühung von Salz, welche durch Eintauchen in die Flüssigkeit entfernt wird. Dieses Eintauchen wird ein- oder mehrmals im Tage wiederholt und damit eine Woche lang fortgefahren. Der erdige Bodensatz, welcher sich zuletzt in dem Gefäße findet, wird gewogen, und aus der Größe dieses Gewichtes auf die Größe der Einwirkung des Frostes geschlossen.

Durch Auffaugen von Wasser werden die Steine weicher und mehr zerreiblich. Das Material zur Straßenbeschotterung solite wenig Wasser aufnehmen, hart und nicht zerbrechlich sein. Granit und seine Abarten, Kalkstein und gewöhnlicher Sandstein geben keine gute Beschotterung. Alle Hornblendegesteine, Porphyre, Feldsteine und Quarzfels geben mit der Grauwacke gutes, dauerhaftes Straßenmaterial. Feinkörniger Granit mit wenig Glimmer, feinkörnige, kieselige Sandsteine, welche frei von Thon sind, und Kalksteine sind gute Steine für Straßenpflaster. Glimmerschiefer, Kalkschiefer, Hornblendeschiefer, einige Arten Gneiß und Sandsteine, Grauwackenschiefer liefern gute Platten.

Sehr zeigt sich der Einfluß der Localität auf die Dauer der Steine. Steine verderben in den Städten viel schneller, als auf dem Lande; und die Steine, welche den herrschenden Winden und Regen ausgesetzt sind, zeigen sehr bald Zeichen ihres Verfalls. Der Ruin geschichteter Steine in einer Mauer hängt viel von der Lage der Schichten gegen die exponirte Fläche ab; er geht schneller, wenn die Schich-

ten gegen diese Fläche hinlaufen, als wenn sie parallel mit dieser gehen.

Steine, welche ohne zu schmelzen einer großen Hitze ausgesetzt sein können, werden zur Herstellung der Oefen gebraucht und heißen feuerfest. Ein guter, feuerfester Stein muß nicht nur nicht schmelzen, sondern auch nicht reißen und sich aufblättern, wenn er der Hitze ausgesetzt wird. Steine, welche Kalk und Bittererde enthalten, taugen nicht zu diesem Gebrauche. Steine, die viele Alkalien enthalten, sind leicht schmelzbar, und geben in der Hitze einen glasigen Körper. Quarz und Glimmer in verschiedenen Verbindungen sind gute, feuerfeste Steine; so z. B. feinkörniger Quarz mit dünnen Glimmerlagen, quarzreicher Glimmerschiefer, einige Arten Gneiß mit viel sandigem Quarz. Verschiedene Arten Sandsteine, die frei von Feldspath, etwas porös und ohne Krystalle sind, geben gute Ofensteine. Auch Talkschiefer ist feuerfest.

Härte verlangt man bei Steinen, welche der Reibung harter Körper ausgesetzt sind. Steine zum Pflastern, zu Platten, zu Treppenstufen sollen hart und hinreichend grobkörnig sein, um nicht durch den Gebrauch zu glatt zu werden. Große Härte erschwert die Bearbeitung mit dem Meißel und erhöht damit die Kosten, weßhalb die Bauunternehmer bei den meisten Werken zu Quadern die weicheren Steine, wie Kalk- und Sandsteine, vorziehen. Im Folgenden sind einige hierher gehörende Erfahrungen zusammengestellt.

Tafel der Erfahrungen von Walker über die Abnutzung verschiedener Steine der Steinbahn der Commercial Road zu London vom 27. März 1830 bis zum 24. August 1831, also in 17 Monaten.

Name des Steins.	Oberfläche in Q. Fußen.	Ursprüngliches Gewicht.	Gewichtsabgang durch Abnutzung.	Abgang auf den Q. Fuß.	Verhältniß des Abgangs.
		Ctr. ¼ Ctr. lbs.			
Guernsey	4,734	7 1 12,75	4,50	0,951	1,000
Herme	5,250	3 7 24,25	5,50	1,048	1,102
Budle	6,336	9 0 15,75	7,75	1,223	1,286
Peterhead (blau) . .	3,484	4 1 7,50	6,25	1,795	1,887
Heytor	4,313	6 0 15,25	8,25	1,915	2,014
Aberdeen (roth) . .	5,375	7 2 11,50	11,50	2,139	2,249
Dartmoor	4,500	6 2 25,00	12,50	2,778	2,921
Aberdeen (blau) . .	4,823	6 2 16,00	14,75	3,058	3,216

Die Commercial Road Steinstraße besteht aus zwei parallelen Fahrgeleisen von rechtwinkeligen Tramsteinen, 18 Zoll breit und 12 Zoll tief, welche auf-

recht aneinander gereiht sind; auf ihnen laufen die Räder; zwischen beiden liegt ein gewöhnliches Straßenpflaster für die Pferde.

Die folgende Tafel giebt die Resultate einiger Beobachtungen von Coriolis über die Abnutzung eines feinkörnigen Sandsteinpflasters im Laufe von 8 Jahren, auf der gepflasterten Straße von Paris nach Toulouse, welche täglich ungefähr mit 10,000 Ctrn. befahren wird. (**Annal. des Ponts et Chaussées**, März und April 1834.)

Gewicht d. Cub.-F.	Volum des in einem Tage bei'm Eintauchen absorbirten Wassers.	Mittlere jährl. Abnutzung.
158 Pfd.	Unmerklich.	0,1023 Zoll.
154 "	"	0,1063 "
156 "	"	0,1299 "
150 "	$\frac{1}{18}$ des Volums des Steins	0,2126 "
148 "	$\frac{1}{17}$ " " " "	0,2677 "

Coriolis bemerkt, daß das Gewicht des absorbirten Wassers einen der besten Anhaltspuncte für die Beurtheilung der Dauerhaftigkeit der in Frankreich zum Pflastern gebrauchten feinkörnigen Sandsteine bietet. Ein ebenso gutes Mittel zu dieser Beurtheilung giebt auch der mehr oder weniger helle Klang, welchen der Stein bei'm Anschlagen mit dem Hammer giebt.

Die folgenden Resultate sind einem Aufsatze von James Frost, Civil Ingenieur, in dem **Journal of the Franklin Institute**, October 1835, über den Widerstand verschiedener Körper gegen Abreibung entnommen. Die Körper wurden mit Sand und Schmirgel gegen ein Stück weißen Naturmarmor gerieben, dessen Widerstand durch die Zahl 100 vorgestellt wurde. Der relative Widerstand wurde aus dem Gewichte berechnet, das jeder der Körper durch das Abreiben verlor.

Relativer Widerstand gegen Abreibung.

Aberdeen-Granit	980
Harter Pflasterstein aus Yorkshire	327
Italienischer schwarzer Marmor	260
Schwarzer Marmor von Kilkenny	110
Statuenmarmor	100
Aelterer Portlandstein	79
Römischer Cementstein	69
Feinkörniger Newcastle Grindstone	53
Backstein	34
Grobkörniger Newcastle Grindstone	14
Stein von Bath	12

II. Bearbeitung der Steine.

Dieselbe besteht wesentlich in der Zurichtung der rohen Steinmassen zu den für die Anwendung nöthigen Formen, manchmal überdieß in einer Verschönerung ihrer Oberfläche durch Glattschleifen und Poliren.

Die Bearbeitung der größern Gegenstände aus Stein ist zum größten Theile die Aufgabe des Steinhauer- oder Steinmetz-Geschäftes, an welches sich einerseits die Bildhauerei in Stein und zum Theil das Geschäft des Steinschneiders, andererseits gewisse einfache Zurichtungen von Steinen für besondere Zwecke (z. B. die Bereitung des Feuersteins zu dem bekannten Gebrauch, des Thonschiefers zum Dachdecken und zu Schreibtafeln) als technisch verwandte Arbeiten anschließen.

Man hat hier wieder die Zertheilung der Steine in Stücke von erforderlicher Größe und wenigstens annähernd der erforderlichen Gestalt, von der weitern Ausarbeitung der Formen und Vollendung der Oberflächen getrennt zu betrachten.

Zertheilung der Steine. Sie geht entweder auf Trennung in bald mehr bald weniger unre-

gelmäßige Theile, oder auf Darstellung regelmäßig gestalteter Stücke aus.

Für den ersten Fall dienen, nach Lage der Umstände, folgende Verfahrungsarten:

1) Das Zerschlagen mit eisernen Hämmern, wie es zum Zwecke des Chausseebaues, ferner zur Gewinnung von rauhen Pflaster- und Mauersteinen der Fall ist.

2) Das Schließen (Sprengen mit Pulver), in der Weise ausgeführt, wie es eine Arbeit bei'm Steinbruchbetriebe ist, wendet man nicht selten zur weitern Zerkleinerung der Bruchsteinblöcke selbst, sowie zur Zerkleinerung sehr großer Findlinge an.

3) Das Feuersetzen, welches namentlich ebenfalls bei Findlingen von großer Härte und bedeutendem Umfange öfters zur Anwendung gebracht wird. Es besteht darin, daß man zur Seite dicht an dem Blocke ein stark flammendes Feuer anmacht und so lange unterhält, bis — durch die ungleichmäßige Ausdehnung vermöge der Erhitzung — ein Zerspringen erfolgt, was man öfters durch Naßmachen des erhitzten Steins befördert.

4) Das Zerschroten vermittelst eiserner Keile, unter Anwendung desselben Verfahrens, welches in den Steinbrüchen bei der Keilarbeit üblich ist.

Zertheilung in regelmäßig geformmte Stücke kann in einzelnen Fällen durch zweckmäßige Hämmer mit oder ohne Hülfe eines Meißels vollführt werden; außerdem durch Spalten mit Keilen nach der schon bekannten Weise, sofern das Gestein geeignet ist, auf diesem Wege ziemlich ebene Bruchflächen zu geben — oder durch Zersägen, welches jedenfalls die vollkommenste Methode ist, um Stücke von genau vorgeschriebenen Maßen und ebenen Oberflächen zu gewinnen.

1) Spalten. Es eignet sich vorzugsweise für Steinarten von ausgezeichnet schiefriger oder blättriger Textur. Das wichtigste Beispiel hiervon liefert die Zertheilung des Thonschiefers in Dachplatten, wobei auf folgende Art verfahren wird.

Die Gestalt, in welcher der Schiefer aus dem Steinbruche angeliefert wird, ist verschieden. Man sprengt entweder mittelst Pulver unregelmäßige Blöcke ab (zuweilen bis 20 Fuß lang, 12 bis 15 Fuß breit, 12 bis 18 Zoll dick), von welchen man die großen Bauwerkstücke zersägt, und nur die kleinern zum Spalten bestimmt; oder man bedient sich des Sprengens durch Keile und stellt auf diese Weise Blöcke von mehr regelmäßig vierseitiger Gestalt dar. Letztere sind von verschiedenen Dimensionen jenachdem große oder kleine Tafeln herausgespalten werden sollen. Für den erstern Fall giebt man ihnen — bei verschiedener, größtentheils vom Zufall abhängender Länge — eine Breite von 6 bis 8, eine Dicke von 2 bis 3 Fuß. Länge und Breite sind hier als die in der Spaltungsebene vorhandenen Abmessungen zu verstehen. Will man kleine Tafeln darstellen, so bricht man die Blöcke von sehr länglicher, balkenähnlicher Form, nämlich mehre Fuß lang auf 8 bis 12 Zoll Breite und Dicke; wobei die letztgenannten beiden (übereinstimmenden oder etwas verschiedenen) Dimensionen jene der Spaltungsflächen sind, also die Blätter der Balken quer durchsetzen. In den Schieferbrüchen selbst schon werden die dicken Blöcke in starke Platten, die dünnen (balkenförmigen) in kurze Klötze, mittelst Keilsprengung weiter zertheilt, um den Transport sowohl, als die Handhabung bei'm Spalten zu erleichtern. Nicht selten richtet man diese Stücke vor dem Spalten, durch Behauen mit einem Meißel oder durch Beschneiden mit Sägen, ordentlich rechtwinkelig zu, um zu große Unregelmäßigkeit und Ungleichheit der

herausgespaltenen Tafeln zu vermeiden; wiewohl durch das Abspringen und Ausbrechen vieler Tafeln bei'm Spalten doch jene Nachtheile sich geltend machen, weßhalb ein nachträgliches Behauen der meisten Platten nicht erspart werden kann.

Manche Schiefer lassen sich am leichtesten und schönsten in frischem Zustande spalten, d. h., wenn sie noch ihre natürliche Bergfeuchtigkeit haben; andere dagegen erst nach vorangegangener Austrocknung an der Luft: man muß die Eigenthümlichkeit des Steins in dieser Beziehung beobachten und sich danach richten.

Das Spaltwerkzeug ist ein sehr schlanker, dünner Keil von Stahl, eine Art Meißel, der durch seine Gestalt etwas Biegsamkeit und bedeutende Federkraft erhält. In Deutschland fabricirt man meist nur Schiefer von geringer Länge und Breite (z. B. 7 bis 8 Zoll auf 10 bis 12 Zoll; in England dagegen Tafeln von 10 bis 48 Zoll Länge, $4\frac{1}{2}$ bis 24 Zoll Breite. Je größer die abzutrennenden Tafeln sind, desto länger und zum Theil auch breiter muß der Meißel (das Spalteisen) sein. Die Dicke der gespaltenen Schiefer schwankt bei verschiedenen Sorten zwischen $1\frac{1}{2}$ und 3 höchstens 4 Linien.

Um das Spalten zu verrichten, wird die dicke Platte oder der Klotz so aufgestellt und gehalten, daß die Blätterlagen fast senkrecht stehen und die größere Dimension der Spaltungsfläche von oben nach unten sich erstreckt. Der Arbeiter setzt das Spalteisen mit seiner zugerundeten Schneide, in gehörigem Abstand von der Endfläche, mit seiner Breite parallel zu dieser Ebene an und treibt es durch Schlagen auf den Stiel (mit einem eisernen Hammer oder hölzernen Schlägel) etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll tief ein. Alsdann trachtet er durch Hin- und Herneigen des (etwas biegsamen und federnden) Eisens die Lostrennung des Schiefers weiter auszudehnen. Bei Platten von

geringer Breite und Länge ist nur ein einmaliges Aufsetzen des Eisens in der Mitte der Breite erforderlich; indem das Weiterdringen des schlanken Instruments (welches entweder allein durch den Druck der Hand oder durch schwache Schläge bewirkt wird) unter der gehörigen Vorsicht sehr leicht von Statten geht, und die völlige Ablösung der dünnen Tafel zur Folge hat. Dagegen muß bei größeren Sorten das Spalteisen nach und nach auf mehren Stellen von oben her eingebracht werden; und es ist für diesen Fall zweckmäßiger, bei'm Aufstellen des Steins die Länge statt der Breite in die horizontale Richtung zu legen. Bei den allergrößten Tafeln endlich kann man nicht umhin, das Werkzeug von allen vier Seiten, d. h. sowohl in der Länge als in der Breite der Spaltungsflächen, nach und nach zu gebrauchen. Je dünner die Platten oder Klötze durch das Abspalten von Tafeln werden, desto schwieriger zeigt sich die Fortsetzung der Arbeit.

2) Zersägen. Nur die weichsten Steinarten (Alabaster, Serpentin, manche Sandsteine*] und Kalksteine, weiche Thonschiefer 2c.) lassen sich mit Zahnsägen schneiden, welche entweder die nämlichen, wie die auf Holz gebräuchlichen sind, oder wenigstens von den Holzsägen nur unbedeutend abweichen; allein selbst in diesen Fällen stumpfen sich die Sägezähne so schnell ab, daß sie oftmals von Neuem geschärft werden müssen; härtere Steine sind gar nicht auf solche Weise zu sägen. Die allgemeinste Methode des Steinsägens besteht deßhalb darin, eine soge-

*) Bei der Verarbeitung des Sandsteins wird dort, wo derselbe (wie sehr oft der Fall ist) in natürlichen Richtungen von sehr verschiedener Dicke vorkommt, das Zersägen fast niemals angewendet, weil die Steinbrüche Blöcke und Platten von allen geforderten Dimensionen direct liefern können.

nannte Schwertsäge, d. h. ein stählernes, eisernes oder kupfernes Blatt ohne Zähne (mit glatter, gerader Kante) anzuwenden, und dieses durch Hülfe von stetig darauf gestreutem scharfem Quarzsande unter Wasserzufluß wirken zu lassen, wodurch der Vorgang Aehnlichkeit mit dem Gebrauche des Schmirgels auf Metallen, Glas und Edelsteinen gewinnt, sofern es nicht sowohl das Sägeblatt selbst ist, welches den Schnitt erzeugt, als vielmehr der Sand, welcher von jenem gegen die Steinmasse gerieben wird. Zum Sägen sehr harter Steine, auf welchen Sand nicht mehr genügend angreift (z. B. Achat, Granit, Porphyr u. dergl.), gebraucht man statt desselben gepülverten Schmirgel. Aus dem eben Angeführten geht schon hervor, daß solche zahnlose Steinsägen nicht anders als in horizontaler Richtung arbeiten können, um den Sand und das Wasser im Schnitte zu halten. Man bedient sich übrigens sowohl der Handsägen als der Sägemaschinen und versieht letztere mit 2, 3 und noch mehr — bis zu 20 — gleichzeitig (in demselben Steinblocke) arbeitenden Sägen. In einzelnen Fällen werden selbst Kreissägen (natürlich jederzeit durch Elementarkraft bewegt) angewendet. Jedenfalls geht das Sägen sehr langsam von Statten und wird daher soviel als möglich vermieden*). Hier wie bei'm Bohren, Drehen u. s. w.

---

*) Die äußerst verschiedene Beschaffenheit der Steine und des zu Hülfe genommenen Sandes, sowie der stärkere oder schwächere Druck und die größere oder geringere Geschwindigkeit der Sägen erzeugen ungeheure Abweichungen in dem quantitativen Effecte bei'm Steinsägen; so daß sich sichere Angaben hierüber gar nicht aufstellen lassen und die geringe Uebereinstimmung deßfallsiger Beobachtungen nicht in Verwunderung setzen kann. Man findet angegeben, daß mit den best eingerichteten Maschinen in mittelhartem Marmor binnen 24 Stunden höchstens 9 Zoll tief eingeschnitten werden könne

ist es im Allgemeinen für den Effect vortheilhafter, mit mäßiger Geschwindigkeit unter angemessen größerem Drucke zu arbeiten, als dem Werkzeuge eine

---

was bei der größten zulässigen Schnittlänge von 12 Fuß nur $4\frac{1}{2}$ Quadratfuß Schnittfläche für zwölfstündige Arbeit ausmachen würde. Zum Durchsägen eines 4 Zoll dicken Stückes Granit sollen zwei Tage, eines ebenso dicken Stückes Achat volle acht Tage erforderlich sein; wonach im erstern Falle 2 Zoll, im letztern 6 Linien Schnitttiefe auf zwölfstündige Arbeit zu rechnen wäre. Dagegen wurde mit der weiter unten zu erwähnenden Sägemaschine von Reed bei'm Schneiden einer $4\frac{1}{2}$ Fuß langen, $2\frac{1}{4}$ Fuß breiten Tischplatte aus sybirischem Achat täglich $1\frac{1}{2}$ Zoll tief eingeschnitten. — Nach Morisot sind zur Erzeugung einer Quadrattoise (38 Wien. Quadratfuß) Schnittfläche bei Handsägerei folgende Anzahlen von Arbeitsstunden eines Arbeiters erforderlich:

a)	Aeußerst weicher grobkörniger Kalkstein vom spec. Gewicht 1,6	$4\frac{1}{2}$ Stunden.
b)	Mittelharter Kalkstein von gleichförmigem Korn, spec. Gew. 2,2 . . .	45 „
c)	Ziemlich harter, einige Muscheln enthaltender Kalkstein, spec. Gew. 2,3 .	72 „
d)	Sehr fein und gleichförmig körniger Kalkstein, spec. Gew. 2,4 . . .	67 „
e)	Marmor, weichste Sorte . . .	56 „
f)	Weißer Statuen-Marmor . . .	72 „
g)	Grauer Granit aus der Normandie .	504 „
h)	Grauer Granit aus den Vogesen .	700 „
i)	Rother und grüner Porphyr . .	1177 „

Für zwei an einer Säge angestellte Arbeiter wird der Zeitbedarf die Hälfte des hier verzeichneten sein. Berechnet man hiernach die durch zwölfstündige tägliche Arbeit herzustellende Schnittfläche, und nimmt beispielsweise eine Steinlänge von 4 Fuß an, so ergiebt sich Folgendes:

	Leistung in 12 Stunden.	
	Schnittfläche. Quadratfuß.	Tiefe des Schnittes.
a)	202 —	50 Fuß 6 Zoll.
b)	20,2 —	5 „ 0,6 „
c)	12,6 —	3 „ 1,8 „
d)	13,6 —	3 „ 4,8 „
e)	16,2 —	4 „ 0,6 „

große Geschwindigkeit zu geben, welche eine Verminderung des Drucks nöthig macht; auch vermeidet man eine beträchtliche Länge des Zuges, weil dadurch

	Leistung in 12 Stunden.		
	Schnittfläche QFuß.		Tiefe des Schnittes.
f)	12,6	—	3 Fuß 1,8 Zoll.
g)	1,81	—	— „ 5,43 „
h)	1,3	—	— „ 3,9 „
i)	0,775	—	— „ 2,32 „

Dabei haben die Arbeiter durchgehends nahe 100 einfache Sägenzüge in einer Minute gemacht, woraus man entnehmen kann, wie gering das Eindringen der Säge bei einem einzelnen Schnitte ist.

Ueber das Schneiden in Alabaster mit der Zahnsäge habe ich selbst folgende Bemerkung gemacht: Der Block war 14 Wien. Zoll dick und 26 Zoll lang. Zwei Mann arbeiteten mit einer Säge, die nicht ganz frisch geschärft, aber doch noch zu längerem Gebrauche tüchtig war, sich also in dem Zustande befand, wie er durchschnittlich Statt finden wird. Sie machten 120 bis 125 einfache Züge in einer Minute, jeden Zug 19 bis 20 Zoll lang. Um 6 Zoll tief einzuschneiden, waren 15 Minuten erforderlich, als die Säge in der Richtung der Länge des Blockes aufgesetzt wurde und $7\frac{1}{2}$ Minute, als sie nach der Querrichtung arbeitete. Die gemachte Schnittfläche betrug im erstern Falle 156, im zweiten 84 Quadratzoll, was auf eine Stunde unausgesetzter Arbeit $4\frac{1}{3}$ bis $4\frac{2}{3}$ Quadratfuß, durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Quadratfuß, ergiebt.

Taffe führt 2 Sägemaschinen an, deren Leistung im Zerschneiden von mittelhartem Marmor er untersucht hat. Bei der ersten betreibt ein Wasserrad von 8 Pferdekraft 4 Sägegatter, jedes mit 18 Sägeblättern, im Ganzen also 72 Sägen, welche binnen 24 Stunden 4 Zoll tief einschneiden, indem sie 80 bis 82 einfache Züge in der Minute machen. Von den 4 gleichzeitig bearbeiteten Blöcken waren 2 von 9 Fuß und 2 von 8 Fuß Länge; es betrug darnach die Gesammtschnittfläche in 24 Stunden 204 Quadratfuß, also $25\frac{1}{2}$ Quadratfuß auf eine Pferdekraft. — Bei der andern Maschine werden 3 Gatter durch ein Wasserrad von $2\frac{1}{2}$ Pferdekraft bewegt. Das eine Gatter enthält 15,

ein zu großes Theil der Säge aus dem Schnitte heraustritt und zuviel Sand entführt, welcher vorzeitig abfällt. Man läßt daher selten mehr, als 60 oder 80, oft nur 40, einfache Züge — d. h. 20 bis 40 Hin- und Hergänge — in einer Minute und bei jedem Zuge eine Bewegung von 12 bis 18 Zoll machen. (Bei der Arbeit mit Handsägen, die nicht zu schwer sein dürfen und also geringern Druck erzeugen, finden jedoch gewöhnlich ungefähr 50 doppelte oder 100 einfache Züge von durchschnittlich 15 Zoll Länge Statt. Der Druck auf das Sägeblatt soll — wenn sonst die Umstände es gestatten — stark genug sein, um die größte erreichbare Wirkung hervorzubringen; aber nicht so groß, daß das Eintreten der Sand- oder Schmirgelförnchen unter die Säge erschwert wird: in dieser Beziehung ist es von wesentlichem Nutzen, die Säge häufig zu lüften (ein wenig aufzuheben). Der angewendete Sand soll ein gleichförmiges Korn haben und deßhalb vorläufig durch Sieben von Staub, sowie von zu groben Theilen gereinigt werden. Zu harten Steinen nimmt man feineren Sand, als zu weichen. Sand (oder Schmirgel) und Wasser werden entweder, mit einander gemengt, als dünner Brei aufgegeben, oder man streut den Sand trocken auf den Stein, und fügt das Wasser

---

jedes der beiden übrigen 4 Sägeblätter; Gesammtzahl der Sägen = 43, Geschwindigkeit = 56 bis 58 einfache Züge in einer Minute. Von den drei Marmorblöcken war der eine (worin 15 Sägen arbeiteten), 5 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll lang, der zweite 6 Fuß 8 Zoll, der dritte 5 Fuß 9 Zoll. Die Sägen drangen in 24 Stunden 2,5 Zoll tief, die gesammte Schnittfläche war mithin = 53,57 Quadratfuß, was 21,43 Quadratfuß auf eine Pferdekraft ergiebt. — Nach dem Durchschnitte aus beiden Beobachtungen ist anzunehmen, daß in mittelhartem Marmor mit einer Pferdekraft 24 Quadratfuß in 24 Stunden oder ein Quadratfuß stündlich gesägt werden kann.

mittelst eines großen Borstenpinsels. eines Schwammes, eines eingetauchten Lappens ꝛc. hinzu. Ein richtiges Verhältniß zwischen beiden Zuthaten muß beobachtet werden; allein es läßt sich keine genaue Vorschrift über dasselbe geben: ungefähr kann man 4 bis 5 Maß Wasser auf 1 Maß Sand rechnen. Mit zu trockenem Sande arbeitet die Säge schwer und schlecht; zuviel Wasser macht das Gemenge so dünnflüssig, daß nicht genug Sandkörnchen zur Wirkung kommen und der Brei zu leicht von der Säge ausgeworfen wird. Es muß immer reichlich Sand vorhanden sein und daher mit dem Nachtragen desselben nicht zu lange gezögert werden, damit das Sägeblatt nicht allein mit der Kante, sondern auch mit seinen Seitenflächen arbeite und hierdurch den Schnitt genugsam erweitere, um sich darin mit Leichtigkeit bewegen zu können. Bei den Sägemaschinen wird oft eine selbstthätige Vorrichtung zum fortwährenden gleichmäßigen Auftragen des Wassers, des Sandes, oder des Gemenges aus beiden angebracht. Für den ersten Fall genügt ein über den Sägen befindlicher Wasserbehälter mit zwei oder mehren Hähnen, welche, angemessen geöffuet, das Wasser abtröpfeln lassen; zum Aufschütten des trocknen Sandes ist ein Kasten angeordnet, der unten keilförmig zuläuft, eine schmale, genau über dem Sägeblatte befindliche Spalte enthält und durch ein Hebelwerk geschüttelt wird. Um Sand oder Schmirgel mit Wasser angemacht zuzuführen, bedient sich Hutin in Paris einer archimedischen Schraube. Man kann aber auch das Wasser auf ein schräges Bret tröpfeln lassen, welches stets mit Sand bedeckt erhalten wird, so daß Letzterer von dem ablaufenden Wasser fortgespült wird und vermengt mit demselben auf den Stein fällt.

Bei allen Methoden der Anwendung von Sägen, zur Zertheilung der Steine, erzeugen dieselben eine

gerade oder ebene Schnittfläche. Es giebt aber Fälle, wo mehr oder weniger gekrümmte, ja sogar vollständige cylindrische Schnitte ausgeführt werden müssen, um die dadurch abgesonderten Stücke in Bogen- oder Walzengestalt zu gewinnen, was ohne geeignete Sägenapparate nur durch Behauen ꝛc., überhaupt durch allmähliges Abstoßen oder Wegbrechen einer oft beträchtlichen Steinmasse, also mit verhältnißmäßig mehr Arbeit und mehr oder weniger Materialverwüstung erreichbar ist.

Handelt es sich um Bogenschnitte von großem Halbmesser, welche nur einen kleinen Theil des Kreises bilden, so ist der Zweck allenfalls noch mit Handsägen zu erreichen, wiewohl eine große Aufmerksamkeit und Gewandtheit in Führung derselben erfordert wird, zumal das Blatt eine geringe Breite haben muß, um ohne erhebliche Klemmung der vorgezeichneten Curve folgen zu können. Unbedingt weit sicherer und vollkommener wirken aber Sägemaschinen, welche für diesen Fall eigener Constructionen bedürfen. Arbeiten dieselben mit einer verticalen und gezähnten Säge (also in weichem Stein), so ist hier diejenige Einrichtung zu gebrauchen, welche bei'm Sägen hölzerner Radfelgen angewendet wird, d. h., dem Sägeblatte wird nur die verticale auf- und niedergehende Bewegung ertheilt, der Stein dagegen ist auf einer horizontalen Scheibe angebracht, sammt welchen er sich um einen vorgeschriebenen Mittelpunct langsam dreht. — Um Bogenschnitte mittelst Schwertsägen zu machen, welche nur horizontalliegend angebracht werden können und im Schnitte nachsinken müssen, ist eine ähnliche Anordnung nicht tauglich. Man kann aber das Sägegatter an einem einarmigen Hebel befestigen (dessen Drehpunct sich jedesmal in die geeignete Entfernung von demselben versetzen läßt). Indem hierbei das

Blatt allmählig tiefer einschneidet, kann es nicht gerade niedersinken sondern muß (durch die Winkelbewegung des Hebels geführt) den beabsichtigten Bogen beschreiben. — Im Allgemeinen kommt die Anwendung zur Darstellung bogenförmiger Werkstücke aus Stein sehr selten vor, da man die im Bauwesen erforderlichen Steinbögen schon aus Gründen der Constructionsfestigkeit (mit Rücksicht auf die natürlichen Lagerungsflächen der Steine) jederzeit aus mehren Theilen zusammensetzt, deren geringe Krümmung ohne bedeutenden Zeit- und Materialverlust durch Behauen geradkantiger Stücke hergestellt werden kann. —

Geschlossene (in sich zurückkehrende) cylindrische Schnitte sind zur Herstellung solcher Steinstücke erforderlich, aus welchen größere Säulen zusammengesetzt werden, sofern man hier nicht (wie es meistentheils geschieht) die langwierigere und Material zerstörende Methode befolgt, einen parallelepipedischen Block zur Cylindergestalt zu behauen. Wird aus einem vierseitigen Blocke von gehöriger Stärke ein Cylinder herausgesägt, so bildet das Uebrigbleibende eine regelmäßige Röhre, und man wendet in der That öfters dieses Verfahren zur Verfertigung steinerner Wasserleitungsröhren (vorzugsweise von theurem Material, namentlich Marmor, wohl aber auch von Sandstein) an. Der Arbeitsgang bleibt hier der nämliche, wie bei'm Aussägen von Säulenschäften, mit dem Unterschiede nur, daß in dem einen Falle der abgetrennte Cylinder, in dem andern Falle die röhrförmige Umhüllung desselben als Abfall gilt, und daß bei Röhrensägen der Durchmesser des Cylinderschnittes im Allgemeinen kleiner, die Wandstärke des erzeugten hohlen Körpers beträchtlich ist; wogegen Säulenschäfte (oder vielmehr Stücke derselben) in der Regel nur dann gesägt werden, wenn sie einen ziem-

lich großen Durchmesser haben, und in diesem Falle — um das Material nicht zu verschwenden — man darauf Bedacht nimmt, das abfallende Rohr von geringer Dicke zu erhalten.

Cylinderschnitte der hier in Rede stehenden Art können höchstens in sehr weichem Steine mittelst eines geraden Sägeblattes ausgeführt werden, weil dieses jedenfalls eine Zahnsäge sein muß, und die Anwendung der Schwertsäge (wegen der Unmöglichkeit, den Sand oder Schmirgel einzubringen) unthunlich ist. Der Engländer Wright hat schon im Jahr 1805 eine Vorrichtung zu dem gedachten Zweck erfunden. Dieselbe besteht aus einer Handsäge mit schmalem, geradem Blatte und einem vom gewöhnlichen abweichenden Gestelle oder Rahmen. Um sie zu gebrauchen, müssen zwei Löcher durch die ganze Länge des Steins vorgebohrt werden: das eine in der Achse des auszuschneidenden Cylinders, das andere in der beabsichtigten cylindrischen Schnittfläche selbst. Durch ersteres wird eine am Sägerahmen befindliche, zum Blatte parallele, runde Eisenstange gesteckt; durch das zweite Loch aber die Säge. Indem nun die letztere bewegt wird und vom vorgebohrten Loche aus in den Stein eindringt, muß sie sich mit ihrem ganzen Rahmen im Kreise um die Achse drehen, bis der Schnitt in sich selbst zurückkehrt. Das Bohren zweier mehre Fuß langen Löcher, die mit einander genau parallel sein müssen, ist eine zeitraubende und selbst (wegen der beigefügten Forderung) schwierige Arbeit; auch wird zum Ausschneiden von Cylindern, deren Durchmesser nicht bedeutend groß ist, dieses Verfahren anwendbar, da die flache Säge in einem starkgekrümmten Schnitte sich einklemmen und entweder nur mit großer Mühe arbeiten oder gar stecken bleiben würde.

Eine weit ausgedehntere Anwendung gestattet das Princip der Kronensäge (welche in kleinerem Maßstabe als „Kronenbohrer“ vorkommt). Diese Art Sägen wird durch einen dünnwandigen Hohlcylinder gebildet, dessen Endkante in dem Arbeitsstoffe angreift, wenn der Cylinder gedreht wird und in der Richtung seiner Achse ein angemessener Druck Statt findet; es wird dadurch eine ringförmige Furche eingeschnitten und mittelst dieser das Arbeitsstück in einen rohrförmigen äußern und einen massiven cylindrischen Theil getrennt. Auf Stein angewendet, kann die Kronensäge entweder mit Zähnen versehen sein und ohne Zwischenmittel wirken, oder mit glattem Rande unter Mithülfe von Sand (Schmirgel) arbeiten. Aus dem Vorangegangenen ist schon zu entnehmen, daß Kronensägen mit Sägen nur in weichem Steine (zumal in Alabaster oder milden Sandsteinen) brauchbar sind; man läßt sie am zweckmäßigsten von unten nach oben arbeiten, damit das abfallende Steinmehl von selbst den Ausgang aus dem Schnitte findet; namentlich ist dies nöthig, sobald man trocken arbeitet, folglich das Steinmehl nicht durch zugeleitetes Wasser weggeschwemmt wird. Ungezahnte Kronensägen müssen dagegen stets von oben nach unten eindringen, damit der Sand (oder Schmirgel) und das Wasser sich in der Schnittfurche aufhalten können. Ihrer Beschaffenheit und Wirkung nach sind sie völlig identisch mit den zur Hervorbringung von etwas großen Löchern in Glasplatten dienenden röhrenförmigen Bohrern; wie denn überhaupt hier ein so enges Aneinandergrenzen von Säge- und Bohrapparaten Statt findet, daß eine strenge Scheidung zwischen beiden unmöglich ist.

Weitere Ausarbeitung der Formen.

Sofern die durch vorbereitende Zertheilung einer Steinmasse entstehenden Stücke theils nicht vollkommen die zur Anwendung verlangte Gestalt haben, theils noch eine geringe Verkleinerung ihrer Dimensionen erfordern, theils endlich sehr rauhe oder unebene Oberflächen darbieten, sind verschiedene Nacharbeiten zu ihrer weitern Ausbildung nöthig. Dieser Fall tritt bei Darstellung der allermeisten Gegenstände ein, von einfachen geradflächigen Werkstücken bis zu den vollendetsten Kunstwerken des Bildhauers und läßt sich im Besondern bei allen verzierten, modellirten und hohlen Arbeiten als unumgänglich erkennen, da die angeführten Zertheilungsmethoden, mit Ausnahme des Sägens, niemals weder regelmäßig gekrümmte Begrenzungen, noch verzierte oder sonst künstlich geformte Oberflächen, noch endlich Höhlungen oder vertiefte Gestalten erzeugen können. Mittelst Sägen ist es zwar allerdings thunlich, ziemlich glatte, ebene Flächen, desgleichen einfache Bogenkrümmungen, ja selbst Cylinder und cylindrische Röhren darzustellen; allein bei der Langsamkeit, womit dieselben — namentlich in hartem Stein — wirken, unterliegt deren Anwendung für die ebengedachten Zwecke einer so großen Beschränkung, daß man sich ihrer fast nur in den Fällen bedient, wo andere Mittel gänzlich im Stiche lassen, oder noch mehr Zeitaufwand erfordern würden.

Alle hier in Betrachtung kommenden Arbeitsmethoden zielen auf die Ausbildung der Gestalt und Größe, oder die Berichtigung der Oberflächen, durch successive Ablösung kleiner Theile; wobei nach Beschaffenheit des speciellen Falles (im Besondern der Steinart) theils eine abſprengende (stoßende), theils eine ſchabende, selten eine abreibende Wir-

kung eintritt, ein eigentliches Schneiden (wie bei Metallen, Holz und anderen geschmeidigen Materialien) aber niemals Statt findet, weil die Natur der Steine sich dem entgegensetzt, und sowohl die Abtrennung zusammenhängender Späne unmöglich macht, als jede messerähnliche scharfe Schneide augenblicklich abstumpft.

1) Behauen. Mit diesem Namen bezeichnet man das Abstoßen oder Absprengen größeret oder kleinerer (oft sehr kleiner) Steintheile, welches unter allen Wegen zur Bearbeitung der Steine der einfachste, am Allgemeinsten anwendbar und daher am öftersten benutzte ist. Die Benennungen: Steinhauerei, Bildhauerei verdanken diesem Verfahren ihren Ursprung.

Von Alters her, und noch jetzt in den meisten Fällen, geschieht das Behauen der Steine mittelst einfacher Werkzeuge durch Handarbeit; nur erst in der jüngsten Zeit hat man angefangen, Steinhaumaschinen einzuführen, welche aber im Ganzen noch wenig Verbreitung erlangt haben und jedenfalls nur zur Herstellung der einfachsten Formen (vorzugsweise solcher mit ebenen Flächen) geeignet sind. Es ist demnach zunächst und hauptsächlich von dem Behauen der Steine mit Handwerkzeugen zu handeln. Die hierbei in Anwendung kommenden Instrumente sind entweder ganz von Stahl gemacht, oder aus Eisen hergestellt und nur an der wirksamen Stelle mit vorgeschweißtem Stahl angesetzt. Sie müssen eine geeignete Härte besitzen, welche zwischen den durch Anlassen bis zur blauen und zur gelben Farbe entstehenden Härtegraden schwanken kann; je fester und härter das Steinmaterial, desto größer die erforderliche Härte des Werkzeugs. Ihrer Form nach sind die Steinhauerwerkzeuge theils solche mit Schneiden (mehr oder weniger zugeschärften Kanten, theils

solche mit Spitzen. Letztere werden vorzugsweise zum Abschlagen dickerer Steinbrocken, erstere zum Glattbehauen gebraucht. Je reicher (milder) der zu bearbeitende Stein ist, desto längere Schneiden sind zulässig, weil wegen des geringen Widerstandes mehr Puncte gleichzeitig angegriffen werden können.

Hinsichtlich der Gebrauchsweise zerfallen sie in hammerförmige, welche quer an einem (der Regel nach hölzernen) Stiele sitzen, geschwungen und mit schlagender Bewegung gebraucht werden, und in meißelartige, die ruhig in der Hand gehalten, auf den Stein gestellt, und durch den Schlag eines Hammers oder Schlägels eingetrieben werden. Diese zweite Abtheilung begreift die verschiedenen Arten der eigentlich sogenannten Eisen (Steinhauer- und Bildhauereisen).

a) Hammerförmige Instrumente. Der Poussirhammer oder Schlägel (unrichtig wohl auch Bossirschlägel genannt), da das erste Zurichten eines Steinblocks aus dem Rohen poussiren heißt, ist ein etwas schwerer Hammer mit kurzem hölzernem Stiel und zwei viereckigen flachen Bahnen. Die vier Längenkanten desselben sind leicht abgerundet, und ebenso erscheinen daher die Ecken der Bahnen. Die obere Fläche ist in der Längenrichtung etwas hohl und jede Bahn tritt um etwa $\frac{1}{8}$ Zoll gegen den Stiel hin zurück; hierdurch kommt es, daß die obere Kante spitzwinklig ist. Mit einer Kante schlägt man starkhervorragende Zacken der rohen Steinblöcke, sowie die Kanten derselben vor Anfang des Behauens ab; außerdem gebraucht man den Poussirschlägel zum Eintreiben der verschiedenen unten zu beschreibenden Eisen, indem man mit einer oder der andern seiner Bahnen auf jene Werkzeuge schlägt. Ein Exemplar wiegt 3—7 Pfund.

Die Zweispitze oder Picke wird hauptsächlich gebraucht, um die gröbsten Erhöhungen einer rohen Steinfläche wegzuschlagen, außerdem, um Furchen einzuhauen u. s. w. Sie läuft in 2 vierseitig pyramidale Spitzen aus, welche jedoch nicht scharf, sondern dergestalt stumpf sind, daß ihr Ende eine quadratische Ebene von einer halben Linie Länge nnd Breite (ungefähr) bildet. Da eine in der Richtung rechtwinklige, zur Steinfläche auffallende, Spitze wohl einen Eindruck machen und in der nächsten Umgebung einige wenige Steintheilchen zermalmen, aber keine Stückchen absprengen würde, so muß das Werkzeug in schräger Richtung geführt werden, wo es die wegzuschlagenden Hervorragungen etwas von der Seite trifft.

Die Fläche ist mit zwei zum Stiele parallelen Schneiden versehen, und findet Anwendung zum Glatthauen der schon mittelst der Zweispitze vorläufig abgeglichenen Oberflächen von weicheren Steinen. — Zu gleichem Zwecke dient auf harten Steinarten

eine Art Picke oder Päcke, deren Schneiden die Richtung des Stiels rechtwinkelig kreuzen, kürzer und auch weniger dünn zugeschärft sind. Um diesem Werkzeuge so wenig Arbeit, als möglich, übrig zu lassen, pflegt man ihm mit einem Instrumente vorzuarbeiten, welches mit einer Anzahl Spitzen versehen ist und demnach die groben Erhöhungen wegschafft, dafür aber eine Menge kleinerer Unebenheiten zurückläßt. Solche Werkzeuge sind der Stockhammer und der Krönel, welche zu manchen Anwendungen den Stein platt genug machen, so daß in diesem Falle keine weitere Bearbeitung mehr folgt.

Der Stockhammer (Pickhammer) ist auf seinen beiden quadratischen, nach Form eines Kugel-

segmentes schwach gewölbten Bahnen mit vierseitig-pyramidalen Erhöhungen besetzt, welche durch sich kreuzende, dreieckige, eingefeilte Furchen entstehen und nicht scharf, sondern in ähnlicher Weise abgestumpft sind, wie oben in Betreff der Spitzen bei der Zweispitze angeführt wurde. Ein Exemplar enthält ungefähr 25 solcher Zähne. Bei'm Gebrauche dieses Werkzeugs fallen die Schläge senkrecht gegen die Arbeitsfläche, und die Spitzen oder Zacken der Bahn bröckeln demnach nur kleine Trümmer ab, zumal sie wegen ihrer Kürze nicht tief eindringen können. Zugleich aber wird eine nachtheilige Lockerung der entstehenden Steinoberfläche herbeigeführt, und eine Menge lose anhängender Theilchen darauf zurückgelassen (todter Sand, nach dem Kunstausdrucke), welche gewöhnlich im Frühlingsstl;auwetter als ganz dünne Schichten sich ablösen, sofern der Stein ohne weitere Bearbeitung zu Bauten im Freien angewendet worden ist.

Der Krönel oder Gründel besteht aus einem Stiel und 12 bis 16 in einer Queröffnung desselben mittelst eines Keils befestigten vierkantigen Stahlstäbchen, welche an beiden Enden pyramidal zugespitzt sind. Um diese Spitzen auf dem Schleifsteine nachzuschärfen, nimmt man nach Lösung des Keils die Stäbchen heraus. Bei'm Einsetzen derselben hat man es in seiner Gewalt, der zum Arbeiten dienenden Spitzenreihe diejenige Richtung in Bezug auf den Stiel (parallel dazu oder geneigt) zu geben, welche nach der Höhe des Steins und der Größe des Arbeiters nöthig ist, damit bei'm Schlage alle Spitzen gleichmäßig auf die Steinfläche aufstoßen. Die durch Nachschleifen allmählig entstehenden Ungleichheiten der Länge äußern sich hiernach sämmtlich auf der andern Seite, welche nicht gebraucht wird; und die hier befindlichen Spitzen sind nur vorhanden, damit man

die Stäbchen umkehren und auch das zweite Ende in Gebrauch nehmen kann. Der Stiel ist oben vierkantig, an dem in der Hand liegenden untern Theile dagegen rund; und da er der Stärke wegen von Eisen sein muß, so macht man, um zu großes Gewicht zu vermeiden, die runde Hälfte hohl. Die Schläge werden mit dem Krönel so geführt, daß die von den Stäbchen gebildete Fläche etwas schräg (gegen die Steinoberfläche geneigt) gerichtet ist, wovon der Grund bereits bei Gelegenheit der Zweispitze angeführt wurde.

b) Eisen. Im Allgemeinen ist zu bemerken, daß ein gewisser Theil von der Länge der Eisen den zum Anlegen der Hand dienenden Stiel bildet, und demzufolge rund oder achtkantig gestaltet ist, um bequem gefaßt zu werden. Das Ende des Stiels, auf welches geschlagen wird, heißt der Kopf. Vom Stiele gegen die Schneide (oder Spitze) abwärts vermindert sich die Dicke des Instrumentes, indem es durch ein Zusammenlaufen seiner Seitenflächen mehr oder weniger schlank verjüngt ist. Die Schneide (oder Spitze) erhält ihre gehörige Schärfe durch angeschliffene Facetten, die oft gar nicht deutlich zu bemerken sind. Namentlich ist dieses Letztere bei sehr schlank geformten, dünn auslaufenden Eisen der Fall, wenn dieselben noch neu (oder durch das sogleich zu erwähnende Nachschmieden frisch zugerichtet) sind. In dem Maße jedoch, wie das Nachschärfen während des Gebrauchs häufig wiederholt wird, man also in den dickern Theil hineinkommt, bilden sich breitere Facetten. Allein man darf nicht lange so fortfahren, weil hierdurch der Zuschärfungswinkel sich bald über Gebühr vergrößert, die Schneiden zu kolbig werden und schlecht arbeiten. Man muß deßhalb die Eisen sehr oft neu zurichten, d. h., glühend machen, wieder zu gehörig schlanker Form ausschmieden und neuer-

dings härten lassen. Die Abnutzung findet so ungemein schnell Statt, daß man sehr gewöhnlich am Abend eines jeden Tages, während dessen das Eisen ununterbrochen gebraucht wurde, zu dem Nachschmieden sich genöthigt sieht. Doch ist in dieser Beziehung die Güte und Härtung des Stahls von sehr großem Einfluß. Eine eigentliche scharfe Schneide wird den Eisen nur dann gegeben, wenn man sie zum Rein- und Feinausarbeiten gebraucht; zur Arbeit aus dem Groben, besonders in dem milden und leicht zersprengbaren Sandsteine, läßt man sie etwas stumpf, so daß statt der Schneidkante eine äußerst schmale Fläche (wie etwa die Kante einer Spielkarte) vorhanden ist, welche umsomehr genügt, als ohnehin eine wirkliche messerartige Schneide sich außerordentlich bald abstumpfen würde. —

Zum Schlagen auf den Kopf der Eisen wird entweder ein gewöhnlicher eiserner Hammer oder der oben beschriebene Poussirschlägel oder ein hölzerner Schlägel (Klöpfel, Klüpfel) gebraucht. Um schwache Eisen, mit welchen zarte Arbeit ausgeführt wird, mit dem Poussirschlägel zu treiben, pflegt man von diesem den Stiel abzunehmen und den eisernen Kopf allein in die Hand zu fassen, weil man so die genaue Regulirung eines leisen Schlages mehr in seiner Gewalt hat. Der hölzerne Klöpfel ist von Weißbuchenholz gedrechselt, der Stiel in den Kopf eingeschraubt oder eingeleimt; letzterer gewährt durch seine Rundung die Bequemlichkeit, daß er in jeder Lage, in welcher er zufällig ergriffen wird, ohne vorausgehende Wendung gebraucht werden kann, und bietet eine größere Schlagfläche, also (bis zu gänzlicher Abnutzung) eine längere Dauer dar. Zur Anwendung des eisernen Schlägels ist es zweckmäßig, den Kopf der Eisen ganz dünn zulaufend zu formen, so daß er fast eine abgestumpfte Spitze bildet: ein

schiefer Schlag, und somit das Prellen (Dröhnen) der Eisen, wird hierdurch leichter vermieden; aber der Schlägel würde verdorben werden, wenn man ihn anders, als auf Eisen mit breitem Kopfende gebrauchen wollte.

Deutsche Eisen.

Das größte hiervon ist das Scharriereisen. Ein zweiseitig zugeschärfter Meißel, dessen geradlinige Schneide 2 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll mißt und mit welchem große ebene Flächen (namentlich an weichen Steinen) schließlich ganz glatt behauen werden.

Schlageisen oder Breiteisen. Nach dem Scharriereisen sind diese die größten und stärksten. Ihre Länge beträgt 8 bis 9 Zoll, im Stiele sind sie achtkantig, nach der geradlinigen Schneide zu aber flach ausgebreitet und in der Dicke durch 2 schräge Flächen verjüngt. Der Verjüngungswinkel beträgt 9 bis 10 Grad.

Beizeisen (auch wohl Halbeisen genannt) sind den Schlageisen vollkommen ähnlich, nur kleiner und schwächer. Ihre Länge ist 7 bis 8 Zoll. Sofern an ihnen die Breite der Schneide nicht unter 6 Linien beträgt, haben sie noch die nach unten breiter auslaufende Gestalt; die kleinsten Exemplare würden jedoch bei dieser Bildung einen zu schwachen Stiel bekommen, und sind deßhalb so abgeändert, daß sie vom Stiele gegen die Schneide hin schmäler werden. Man unterscheidet große und kleine Beizeisen. Die ersteren sind in 6 Abstufungen, am Stiele 5 bis $6\frac{1}{2}$ Linien dick, an der Schneide $4\frac{1}{2}$ bis 9 Linien breit; der Verjüngungswinkel, d. i. die Neigung der unten zusammenlaufenden breiten Flächen gegen einander ist etwas kleiner, als bei den Schlageisen, nämlich = 7 bis 9 Grad. — Die kleinen haben (ebenfalls in 6 Ab-

stufungen) 3 bis 4½ Linien Stieldicke, 2½ bis 4 Lin. Breite an der Schneide und einen Verjüngungswinkel von 6 bis 8 Grad.

Zahneisen, von der Form der Schlag- und Beizeisen, jedoch an der Schneide durch sehr schmale, ungefähr einen halben Zoll tiefe Einschnitte in mehre kleine Zähne getheilt, deren Breite bei den kleinsten Exemplaren nicht viel über eine halbe Linie, bei den größten wohl 2 Linien erreicht. Vermöge dieser Abtheilung in Zähne wird das Werkzeug verhindert, größere Steintheile abzusprengen, vielmehr dringt jeder Zahn unabhängig für sich ein und nimmt nur kleine Fragmente weg, so daß im Ganzen die Wirkung mehrer gleichzeitig arbeitenden schmalen Eisen entsteht, d. h., eine feine Ausarbeitung der Steinfläche erreicht und dennoch das Geschäft beschleunigt wird. In dem vorliegenden Sortimente befinden sich 4 Zahneisen von folgender specieller Beschaffenheit:

Dicke im Stiele . . .	3½,	5,	6,	7½ Lin.
Breite an der Schneide	4,	7,	10,	13½ „
Anzahl der Zähne . .	4,	5,	6,	7 „
Verjüngungswinkel . .	7,	7½,	9½,	11 Grad.

Es zeigt sich hier wieder — wie bei den Schlag- und Beizeisen — in Ansehung des Verjüngungswinkels die naturgemäß schlankere Gestalt der schmalen, mehr zu feinerer Arbeit dienenden Exemplare.

Spitzeisen besitzen statt der Schneide eine vierseitig pyramidal geformte (jedoch meist nicht scharf auslaufende, sondern etwas dicke und abgestumpfte) Spitze, vermöge welcher sie verhältnißmäßig tief eindringen können und sich zum Wegsprengen größerer Steinfragmente eignen, da sie in vier (und nicht wie die Eisen mit einer Schneide, nur in zwei) Richtungen keilartig wirken. Die Spitzeisen werden theils mit eisernen Schlägeln getrieben, sie laufen am Kopf abgestumpft conisch aus und haben auf der krei-

runden Endfläche ein halbkugeliges Grübchen; hierdurch wird die Berührung des Eisens mit dem Schlägel möglichst verkleinert, das Rutschen des letztern verhindert und ein schiefer Schlag vermieden. Dagegen haben die für die Arbeit mit dem hölzernen Klöpfel bestimmten Eisen einen breiten, schwach convex gerundeten Kopf. Bei Spitzeisen auf weniger harte Steine (Marmor, Sandstein) und zu feinerer Arbeit wird die Zuspitzung viel schlanker unter einem Winkel von 10 bis 15 Grad angelegt, während man starke Spitzeisen mit einem Winkel von ohngefähr 35 Grad für harte Steine, z. B. Granit ꝛc., anwendet. Größere Exemplare werden öfters so geschliffen, daß statt einer Spitze eine äußerst schmale Kante entsteht.

Bossir- oder Schrifteisen. So nennt man überhaupt die zartern Eisen, welche zur Ausarbeitung feiner Verzierungen, erhabener oder vertiefter Buchstaben u. dergl. gebraucht werden und demgemäß eine ziemliche Mannichfaltigkeit darbieten. Ihre Länge beträgt 9 bis 10 Zoll. Da sie alle mittelst des eisernen Schlägels getrieben werden, so haben sie am Kopfe die schon oben erklärte Gestalt. Um bei der nothwendig geringen Dicke mehr Steifheit zu erzeugen und hierdurch das Prellen oder Dröhnen unter dem Schlage zu vermeiden, giebt man ihnen ihre größte Stärke am mittlern Theile und läßt sie nach beiden Enden hin dünner auslaufen. Die letzte Art sind sehr schlanke, dünne und scharfe Spitzeisen, an welchen der Zuspitzungswinkel nicht größer, als 8 bis 10 Grad ist.

Englische Eisen.

Hierunter kommen 3 Arten mit geradliniger Schneide (Flacheisen) vor, welche durch die Art der Zuschärfung und auch sonst durch verschiedene Gestalt von einander abweichen. Bei der ersten

Art entsteht die Schneide durch eine einzige Facette, welche mit der Fläche einen Winkel von 30 bis 35 Grad bildet. Die Breite dieser Eisen ist von der Schneide ab bis an den achtkantigen Stiel überall beinahe gleich; die schmalen Exemplare verbreiten, die breitern verschmälern sich ein Wenig nach dem Stiele und so entsteht bei allen ein zweckmäßiger Uebergang in die den Umständen nach erforderliche Stärke des Stieles selbst. Die Dicke nimmt durchgehends vom Stiele gegen die Schneide hin etwas ab; sehr wenig bei den schmalen Eisen, beträchtlicher bei den breiten. Die Dicke ist, mit der Breite verglichen, desto größer, je kleiner beide Dimensionen sind; dieser Umstand kommt bei allen meißelartigen Instrumenten (nicht nur jenen der Steinarbeiter) vor, und hat seinen natürlichen Grund darin, daß man den sehr schmalen Werkzeugen ihre gehörige Steifheit und Festigkeit durch eine Verstärkung in der Dicke ertheilen muß. Von den sechs im Sortimente enthaltenen Stücken mißt das breiteste 7 Linien, das schmälste nur 1 Linie an der Schneide. Die zweite Art, zur Arbeit auf den harten Steinen bestimmt, erhält ihre Zuschärfung mittelst zweier Facetten, von welchen eine etwas höher hinaufreicht, als die andere. Drei Flächen der Klinge sind eben, die vierte hat eine convex gekrümmte Gestalt, wie besonders die Querdurchschnitte zu erkennen geben; nach dieser Seite hin wird das Werkzeug bei'm Aufsetzen auf den Stein geneigt. Diese Eisen sind nur $1\frac{3}{4}$ bis $4\frac{1}{2}$ Linien an der Schneide breit und im Verhältniß hierzu sehr dick; der Winkel ist sehr groß, nämlich 42 bis 48 Grad. Dieses sind lauter Eigenthümlichkeiten, welche dem Zwecke (Gebrauch zu schwerer Arbeit) entsprechen.

Die dritte Art ist ungefähr den deutschen Schlageisen und Beizeisen zu vergleichen, zwar ebenfalls

durch zweiseitiges Anschleifen geschärft, jedoch nicht mittelst Facetten, sondern vermöge zweier schwach-bauchiger, unmerklich in die Flächen übergehender Verjüngungsflächen, welche bei ihrem Zusammenlaufen in der Schneide einen Winkel von 22 bis 28 Grad mit einander einschließen. Die größten dieser Eisen messen 10, die kleinsten eine Linie in der Schneidbreite.

Die Hohleisen, mit welchen Hohlkehlen und andere Vertiefungen ausgehauen werden, gleichen im Allgemeinen den gleichnamigen Werkzeugen der Tischler, sind aber von Innen heraus, d. h., durch eine auf der concaven Fläche angeschliffene Facette i, zugeschärft. Diese Facette erzeugt durch ihr Zusammenstoßen mit der äußern (convexen) Fläche — gegen welche sie unter einem Winkel von 22 bis 26 Grad geneigt ist — eine bogenförmige Schneide, die bei den verschiedenen Exemplaren einen größern oder kleinern Theil des Kreises ausmacht, nämlich bei den breitesten Hohleisen ungefähr einen Viertelkreis und so stufenweise zunehmend bis zum vollen Halbkreise bei den schmälsten. Dieses ergiebt sich näher aus folgenden Abmessungen der sechs Stücke, welche in dem Sortiment enthalten sind. Unter „Breite" hat man hier den Abstand zwischen beiden Endpuncten der Schneide, also die Sehne des von dieser gebildeten Kreisbogens zu verstehen:

Breite	9,5	7,7	5,7	4,2	3,4	2,1	Lin.
Krümmungshalbmesser	7,0	5,2	3,8	2,3	1,8	1,05	„
Größe d. Bogens	8,5	95½	97	132	141½	180	Grad.

Die flachen Hohleisen unterscheiden sich von den vorhergehenden nur dadurch, daß ihre Krümmung viel flacher und die Facetten zur Anschärfung der Schneide von außen her (auf der convexen

Seite) angesetzt ist. Sechs verschiedene Exemplare zeigen folgende Dimensionen:

Breite	10,5	8,0	5,5	3,8	3,5	1,7 Lin.
Krümmungs= halbmesser	18,9	19,1	15,9	10 8	10,5	5,4 „
Größe d. Bogens	32,	24,	20,	20,	19,	18 Grad.

Die Spitzeisen dieses englischen Sortiments sind an Gestalt übereinstimmend mit den gewöhnlichen Grabsticheln der Kupferstecher und Graveure, nur von stärkern, dem Zweck angemessenen Verhältnissen; übrigens von zweierlei Art, welche den niedrigen und hohen Grabsticheln nachgebildet sind. Die erstern haben eine quadratische Querschnittsform, die letztern eine rhombische. Die dünnen Exrmplare der einen wie der andern Art haben eine Krümmung, um die Spitze in die Verlängerung der Achse des Stiels zu bringen, damit der Schlag in der vortheilhaftesten Richtung wirke und kein Zittern (Prellen) des schwachen Werkzeugs erzeuge. Alle diese Eisen verjüngen sich vom Stiel aus gegen die Spitze hin, doch die dünnen mehr, als die dicken.

Es ist schon oben der Nothwendigkeit gedacht worden, die Steinhauereisen häufig nachzuschmieden, um ihnen die zu zweckmäßiger Schärfung erforderliche schlanke Gestalt fortwährend zu bewahren, oder vielmehr wieder zu ersetzen. Bei dieser Zurichtung ist nicht nur viel Arbeit nöthig, sondern es tritt auch die Gefahr ein, den Stahl durch das wiederholte Glühen zu verderben. Zur Vermeidung dieser Nachtheile hat Smith in Bradford eine Construction der Eisen erfunden, die im Wesentlichsten darin besteht, dem Werkzeuge die Gestalt einer schmalen, aber langen stählernen Platte zu geben, welche in ein (die nöthige Steifheit erzeugendes) Heft eingelegt, zum Nachschleifen herausgenommen und in dem

Maße, wie sie durch das Schleifen sich verkürzt, weiter aus dem Hefte hervorgeschoben wird. Die Anordnung ist sinnreich und an sich empfehlenswerth, möchte jedoch in der Kostspieligkeit der ersten Anschaffung ein Hinderniß großer Verbreitung finden. Die beiden Hälften des Heftes nehmen das Eisen zwischen sich und werden mittelst dreier Vorrichtungen zusammengehalten, nämlich durch eine Art Schloß oder Verzahnung, durch zwei kurze Stifte und durch eine übergeschobene Hülse, zu deren Befestigung ein Keil dient.

Ueber das Verfahren bei'm Gebrauche der verschiedenen Eisen können nur wenige Bemerkungen beigebracht werden: theils erklärt sich dasselbe von selbst, theils bietet es im Einzelnen eine zu große Mannichfaltigkeit dar, um ohne Eingehen auf viele specielle Beispiele von Werkstücken genügend erklärt zu werden, theils endlich bringen Willkür und örtliche Gewohnheit mancherlei Abänderungen in die Arbeitsmethoden. Im Allgemeinen gilt Folgendes: Für gröbere Steinhauerarbeit (Quader, Gewölbsteine, Treppenstufen, Gesimse u. dergl.) kommen, bei der Einfachheit aller hier darzustellenden Formen, gewöhnlich nur Spitz-, Scharir-, Schlag- nnd Beizeisen in Anwendung. Der Steinmetz, welcher Verzierungen auf dem Steine ausarbeitet, und noch mehr der eigentliche Bildhauer, gebraucht nebst diesen auch alle übrigen Arten. Die Gestalt der auf einen Schlag abgetrennten Steinfragmente wird bestimmt durch Form und Größe des Eisens, durch dessen Haltung, endlich durch die Stärke des Schlages. Rechtwinkelig zur Steinfläche aufgesetzt, beschränkt das Werkzeug seine Wirkung auf einen kleinen Raum, dringt aber tief ein; jemehr es schief angesetzt wird, desto flachere (dünnere), aber größere Theile kann es absprengen. Hierauf muß der Arbeiter nach Beschaffenheit der

Umstände gehörige Rücksicht nehmen, und seine praktische Geschicklichkeit in dieser Beziehung führt ihn dahin, mit dem geringsten Zeitaufwande und ohne unnöthige Materialverwüstung die vorgeschriebene Gestalt auf das Genaueste auszuarbeiten.

Um wenigstens an einer sehr einfachen Aufgabe die Einzelnheiten des Verfahrens zu zeigen, soll das jetzt Folgende die Zurichtung parallelepipedischer, also überall rechtwinkeliger Werkstücke (Quader) erklären. Hierzu ist vorläufig zu bemerken, daß bei'm Brechen der Steine für jede zu bearbeitende Fläche ein gewisses Maß zugegeben wird. Gewöhnlich beträgt dieses 1 Zoll (den sogenannten Arbeitszoll), und es kommt demnach ein Werkstück, welches im fertigen Zustande, auf allen 6 Flächen behauen, 3 Fuß lang, 2 Fuß breit und 1 Fuß dick sein soll, aus dem Steinbruche mit 38 Zoll Länge. 26 Zoll Breite und 14 Zoll Dicke. Es ergiebt sich jedoch von selbst, daß strenge Beobachtung einer Regel in dieser Hinsicht nicht möglich ist. Die Zurichtung aus dem Groben (das Poussiren, unrichtig Boissiren genannt), findet fast immer im Steinbruche selbst Statt und geschieht mittelst des Poussirschlägels und der Zweispitze. Nachdem man den rohen Stein so auf die Erde hingelegt hat, daß dessen obere Fläche horizontal ist, wird zuerst eine der Kantenlinien mit Röthel, Bleistift ꝛc. gezogen, und nun wird die, der vorgezeichneten Linie entsprechende Kante schräg abgeschlagen, indem man mit der Schlägelkante jene Linie möglichst genau einhält, so daß alle außerhalb derselben vorspringenden Theile, aber nicht mehr, entfernt werden, und so verfährt man bei allen übrigen fünf Seiten. Die rechten Winkel pflegt man nur nach dem Augenmaße zu nehmen. Wenn sämmtliche verticale Flächen von oben bis unten behauen werden, so fallen an den untern horizontalen Kanten

derselben die Schläge der Zweispitze nach auswärts, und es ist hierbei nicht zu vermeiden, daß diese Kanten ausbröckeln, rauh und unregelmäßig werden. Bei gewissen Anwendungen der Werkstücke schadet dieß nicht, und man nimmt dann keine Rücksicht darauf. Dagegen ändert sich das Verfahren in jenen Fällen, wo auch die untern Kanten rein und scharf dargestellt werden sollen, dahin ab, daß man alle vier Seitenflächen nur bis auf die Hälfte von oben herab pouſſirt, dann aber den Stein umkehrt (d. h. auf die bisher oben gewesene Fläche legt) und die zweite Hälfte aller vier Seiten nun wieder von den Kanten aus nach Innen bearbeitet. Im die hierbei leitenden Kantenlinien auf der nun nach oben gekommenen Fläche zu ziehen, dienen die dorthin auslaufenden Verticallinien der Seitenflächen.

Zum Reinbehauen (welches bald auf den Werkstellen bei den Steinbrüchen, bald an dem Verwendungsorte der Werkstücke Statt findet) wird der roh ausgearbeitete (pouſſirte) Quader auf Unterlagen von Balken oder Steinen gebracht (aufgebankt) und so gelegt, daß die zur Zeit in Arbeit genommene Fläche obenauf in horizontaler Lage sich befindet. Dieß ist durchaus nothwendig, sofern die Flächen sämmtlich rein und glatt bearbeitet werden sollen; dagegen erspart man sich, wenn einige Seiten (wie sehr gewöhnlich der Fall ist) der größten Sauberkeit nicht bedürfen, das Wenden des Steins, und läßt jene in senkrechter Stellung, bei welcher der Steinhauer die genaue Führung der Eisen weniger in seiner Gewalt hat. Um zuerst zur Abrichtung der obern Fläche den Grund zu legen, wird längs des einen Randes derselben eine Art Falz ausgearbeitet, welchen man einen Schlag nennt. Man macht denselben mehr oder weniger breit, jedenfalls aber nur so tief, als nöthig ist, um später durch Ausdehnung

seiner horizontalen Fläche die ganze Oberseite als eine Ebene zu erhalten, in welcher keine Spuren von den Vertiefungen der ursprünglich rauhen Steinfläche zurückbleiben. Zur Herstellung des Schlages bedient man sich eines Schlageisens, dessen Schneide schräg aufgesetzt wird. Vermöge der gleichzeitigen Neigung des Eisens wirkt dasselbe stets von Außen nach Innen, wodurch dem Ausspringen der Kanten und Ecken vorgebeugt wird. Die horizontale Fläche des Schlages muß so sorgfältig eben behauen werden, daß ein darauf gestelltes Lineal überall dieselbe berührt.

In gleicher Weise sind nun Schläge auf den übrigen drei Seiten der Oberfläche anzulegen, und zwar dergestalt, daß die Horizontalflächen sämmtlicher vier Schläge in eine gemeinschaftliche Ebene fallen, welche zuletzt — nach Wegarbeitung der von ihnen eingeschlossenen vorspringenden Steinmasse (des Postens) — die zugerichtete Oberseite des Quaders bildet. Die gröbsten Erhöhungen hauet man mit der Zweispitze ab, auf harten Steinen mittelst eines starken Spitzeisens; dieser Theil der Arbeit heißt das Spitzen. Um sodann den Rest zu entfernen, dient die Behandlung mit der Fläche, dem Stockhammer, der Päcke, dem Krönel, dem Scharireisen (s. oben), wonach die Verrichtungen selbst das Flächen, Kröneln, Stocken, Päcken, Schariren genannt werden. Welche von den angeführten Werkzeugen man benutzt, hängt von dem erforderlichen Grade der Glätte, von der Härte des Steins und theilweise von localer Gewohnheit der Steinhauer, ja selbst von individueller Geschicklichkeit des einzelnen Arbeiters ab. Gewöhnliche Sand- und andere ziemlich weiche Steine werden, um vollkommene Glätte zu erlangen, nach dem Spitzen zuerst geflächt, dann scharirt, endlich mit einem flachen Stücke Sandstein noch abgerieben (geschliffen).

Letzteres, sowie auch öfters das Schariren, wird unterlassen, wenn eine rauhere Ebene genügt. An vielen Orten kennt man das Flächen und das dazu bestimmte Werkzeug gar nicht, sondern läßt auf das Spitzen sogleich das Schariren folgen. Die scharirten und abgeschliffenen Oberflächen werden in gewissen Fällen mit einer als Zierde dienenden regelmäßigen Rauhigkeit versehen, nämlich mit seichten, gerade und parallel laufenden, gleichbreiten Furchen. Man nennt dieß Aufschlagen und bedient sich dazu des Scharireisens, dem man an jeder Stelle zwei gehörig abgemessene Klöppelschläge nacheinander giebt, indem man es zum ersten Schlage mehr liegend, zum zweiten aber steiler aufsetzt. Harte Steine (wie Granit, Porphyr u. dergl., auch wohl die härtesten Kalksteine) werden, nachdem sie gespitzt sind, entweder gekrönelt und nachher, sofern größere Glätte nöthig erscheint, scharirt; oder zuerst gestockt, dann gepäckt.

Es ist jetzt von der Zurichtung der nach oben gekehrten Horizontalfläche des Quaders die Rede gewesen. Die übrigen Flächen werden auf gleiche Weise, nachdem der Stein nöthigenfalls gewendet ist, bearbeitet. Wenn die Seitenflächen nur gespitzt werden, so können dieselben dabei in ihrer verticalen Stellung bleiben; weitergehende Bearbeitung (mit der Fläche, dem Krönel, dem Scharireisen ꝛc.) macht aber so oftmaliges Wenden des Steins nothwendig, daß immer die Arbeitsfläche horizontal obenauf sich befindet. Dieß gilt auch in Ansehung der untern Fläche, die rauh (unbearbeitet) bleibt, wenn sie bei der Anwendung des Quaders in Mörtel oder Putz zu liegen kommt, sonst aber in verticaler Stellung gespitzt oder, nach oben gekehrt, glatt gearbeitet werden müßte.

Als ein eigenthümlicher Fall von der Zurichtung eines Steins durch Hauwerkzeuge verdient das Behauen der Dachschiefer und der Schiefer-

Schreibtafeln eine nähere Betrachtung. Sowohl die große Weichheit des Materials, wie die sehr geringe Dicke der Platten macht hier die Anwendung messerähnlicher Instrumente zulässig. Durch das Spalten erlangt man aus dem Thonschiefer größtentheils Platten, welche weder das richtige Maß der Länge und Breite, noch völlig die zweckdienliche Gestalt haben; denn selbst, wenn die zum Spalten gebrachten Blöcke schon vorläufig mit der Säge zurecht geschnitten sind, ist doch das Zerbrechen und Ausspringen vieler Platten und Tafeln unvermeidlich. Man ist demnach genöthigt, durch Behauen sowohl die Dimensionen, als die Gestalt zu berichtigen. Die deutschen Schieferarbeiter (Schieferzurichter bei den Brüchen und Dachdecker) gebrauchen hierzu folgende Geräthschaften: 1) der Schieferhammer (Deckhammer) besteht aus einem hölzernen Hefte und einem stählernen Blatte; dieses ist durchgehends $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien dick, mit Ausnahme des Kopfes, welcher eine quadratische, flache, durch Kreuzkerben rauh gemachte Hammerbahn darstellt. Der gegen den Kopf allmählig verstärkt zulaufende Theil heißt der Nacken; der entgegengesetzte ziemlich scharfspitzig zulaufende Flügel die Spitze; der mittlere gerade Theil, dessen Angel in dem Hefte steckt, die Scheere. Beide Seitenkanten der Scheere sind durch eine Facette schneidig zugeschärft, jedoch von den entgegengesetzten Flächen aus, wie der beigefügte Querdurchschnitt nachweiset. Vermöge dieser Anordnung bietet das Werkzeug in jeder der zwei verschiedenen Lagen, welche es in der Hand des Arbeiters bekommt, eine zum Hauen geeignete Schärfe in zweckmäßiger Stellung dar, nämlich so, daß die Zuschärfungsfacette nach der rechten Seite und die ebene Fläche links gewendet ist. Die Spitze dient, um die Nagellöcher in die

Schiefer zu schlagen; der Kopf zum Eintreiben der Nägel bei der Befestigung der Schiefer auf dem Dache.

Als Auflage für die Platten bei'm Behauen kommt das Haueisen in Anwendung. Wenn dasselbe nur mit einem Fuße versehen ist, heißt es die Bank, die Brücke oder der Steg; größere Haueisen erhalten an jedem Ende einen solchen Fuß und werden Klammer genannt. Jedenfalls wird das Haueisen in die Sitzbank des Arbeiters oder in ein anderes passendes unbewegliches Holzstück fest eingesteckt. Sein Rücken bildet eine schwach convex gekrümmte, einseitig abgeschrägte Kante dar, damit der Schieber darauf leicht fortgeschoben und nöthigenfalls (bei'm Hauen einer krummen Begrenzungslinie) gedreht werden könne, auch jederzeit nur mit derjenigen Stelle fest aufliege, auf welche eben die Schneide des Hammers einwirkt.

Die Schieferplatte wird mit der linken Hand gehalten und regiert, indem man sie in horizontaler Lage auf das Haueisen bringt und über dessen Kante (nach der nicht abgeschrägten Seite zu) nur dasjenige hinausstehen läßt, was weggehauen werden soll. Die Klinge des Hammers wird so gebraucht, daß sie mit der Kante des Haueisens nach dem Schiefer zu einen spitzen Winkel bildet, und mit der ebenen (nicht abgeschrägten) Fläche ihrer Schneide an der obern Seite des Haueisens hinfährt, wodurch beide Werkzeuge zusammen genau nach Art einer Scheere (jedoch hackend und nicht drückend) wirken. An den behauenen Schiefern fällt die bei der Arbeit oben gewesene Fläche rein und bis an die Kante hin ganz glatt aus; die untere Seite (Hiebseite) aber splittert in der Nähe der Kante mehr oder weniger weg, so daß hier eine unregelmäßige Abschrägung des Randes (der Hieb genannt) entsteht. Bei der Anbringung auf dem Dache ist die Hiebseite, des Wasserabflusses we-

gen, außen zu legen; und da hier zugleich die schönere, glattere Seite der Platten die äußere sein soll, so muß in Betreff solcher Schiefer, welche eine unreinere, durch Unebenheiten entstellte Seite haben, darauf geachtet werden, diese bei'm Behauen nach oben zu kehren.

In England bedienen sich die Schieferzurichter zum Behauen der dort gebräuchlichen großen Dachschiefer eines langen, geraden Haumessers, an welchem die Spitze zum Durchschlagen der Löcher oben angebracht ist. Das Blatt geht in eine schräg abgebrochene Angel aus, auf der das Heft steckt. Zum Auflegen der Schieferplatten hat man eine lange Klammer von der oben schon erwähnten Art.

Der Gedanke, Steine mittelst einer Maschine zu behauen, scheint zuerst von Dallas zur Ausführung gebracht worden zu sein, welcher 1824 in England ein Patent für seine auf diesen Zweck berechnete Vorrichtung nahm. Letztere besteht aus einem ungleicharmigen Hebel, welcher (ähnlich dem Helme der Schwanzhämmer auf den Eisenwerken) so angeordnet ist, daß sein kürzerer Arm von Däumlingen niedergedrückt wird, wodurch der längere Arm wechselsweise sich hebt und niederfällt. Am Ende des kurzen Armes sind, nach unten stehend, stählerne Spitzen oder Meißel eingesetzt, welche auf den Stein schlagen. Ein Wagen, als Träger des Steins, empfängt die nöthige Bewegung, um nach und nach die ganze Oberfläche der Bearbeitung zu unterziehen. Die Idee einer Steinhaumaschine liegt hiermit in ihrer rohesten Gestalt vor und es kann wohl mit Sicherheit behauptet werden, daß nach dieser Methode eine regelmäßige und einigermaßen genaue Zurichtung der Steinoberflächen nicht erreichbar sein wird, da die Spitzeisen oder Meißel durch ihr senkrechtes Auffallen in unvortheilhafter Richtung wirken, und der Erfin-

der an eine Regulirung der Schläge nicht gedacht zu haben scheint, mithin alle Stellen der Steinoberfläche mit gleicher Kraft getroffen werden, ohne Rücksicht darauf, ob mehr oder weniger Theile davon wegzunehmen sind. Gleichwohl ist dieses Princip neuerlich wieder aufgenommen worden, und zwar von Nasmith (patentirt 1844), welcher aber die Meißel nicht an einem Hebel, sondern auf der untern horizontalen Endfläche einer senkrechten Eisenstange anbrachte, die wechselsweise gerade aufgehoben und niedergestoßen wird. Wesentlich eigenthümlich ist hierbei die Methode, beide Bewegungen direct durch Dampfkraft zu erzeugen und mittelst comprimirter Luft zu reguliren. Die Meißelstange bildet nämlich, in ihrer Fortsetzung nach oben, die Kolbenstange zweier übereinander angebrachter Cylinder, von welchen der obere der Dampfcylinder, der untere der Luftcylinder ist.

Zweites Capitel.

Von den Ziegelsteinen und den Ziegeln.

Von Ziegeln und Backsteinen kann man buchstäblich sagen, daß ihre Anwendung so alt ist, wie die Geschichte; die Nothwendigkeit zu bauen, da, wo keine Bruchsteine zu haben waren, verbunden mit der Beobachtung, daß Thon durch Trocknen oder Brennen erhärtet, führten frühzeitig darauf.

Schon zur Zeit, als die ersten civilisirten Staaten zwischen dem Tigris und Euphrat blühten, sind künstliche Thonsteine als Baumaterial gebräuchlich gewesen. In den Ruinen von Babylon und den wie-

der neuerdings von den Franzosen ausgegrabenen Ruinen von Ninive finden sich ungeheure Massen davon, von einer meist groben Arbeit, in ungebranntem Zustande. Sie sind fast alle mit Inschriften in Keilschrift bedeckt, welche merkwürdiger Weise nicht von außen lesbar, sondern förmlich eingemauert waren. Erstaunenswerth ist die außerordentliche Dauer dieser lockeren Steine, die wohl in einem an Regen reicheren Clima nicht dieselbe gewesen wäre.

Lenormant fand ungebrannte Steine in den Ruinen von Sais, also 3000 Jahr alt. Die Gewohnheit, Stroh oder ähnliche Pflanzentheile unter den Thon zu mengen, wegen größerer Haltbarkeit, bildet schon das Thema des Streites zwischen den Juden und dem König von Egypten. (2. Buch Mos. Cap. 5.)

Der Palast des Crösus, des Mausolus, des Attalus und andere uralte Gebäude waren von schönen, rothen, hartgebrannten Steinen. Von Augustus wird gesagt, daß er ein Rom von Backsteinen empfangen und ein marmornes hinterlassen habe.

Die aus Thon geformten Steine haben im Allgemeinen die Bestimmung, die natürlichen Bruchsteine zu ersetzen, da, wo diese nicht vorhanden oder das Brechen oder Bearbeiten derselben zu kostspielig ist. Zu dem Ende giebt man dem Thon sogleich die dem Zwecke entsprechende Form von Platten, die entweder rechteckig, vieleckig, keilförmig (Mauerziegel, Pflasterplatten, Gewölbsteine), oder abgerundet und gekrümmt sind (Dachziegel). Die Dicke dieser Platten ist, des Schwindens und schwierigen Austrocknens wegen, stets auf wenige Zoll beschränkt und bei Dachziegeln nur eben hinreichend, um Verbiegung und Zerbrechlichkeit zu verhindern, also wenig Linien.

Um den aus Thon gebildeten Steinen die gehörige Festigkeit zu geben, sind sie entweder nur getrocknet, Lehmpatzen, oder mehr oder weniger ge-

brannt, eigentliche Backsteine und Ziegel. In Betracht der Bestimmung solcher Steine als Baumaterial, also wegen der Concurrenz mit den natürlichen Steinen, ist die Wohlfeilheit eine wesentliche und leitende Rücksicht. Deßhalb fallen Verzierungen durch Farben oder Form fast ganz weg; die Vorbereitung des Thons und seine Reinigung ist höchst eingeschränkt; ebenso handelt es sich bei der Wahl des Materials darum, kostspielige Gewinnung und weiten Transport des Thons zu vermeiden. Man ist also darauf angewiesen, diejenigen Thone zu benutzen, wie sie an jedem Orte und ohne tiefes Graben zu haben sind. Darum machen denn die Thonmassen der jüngeren Anschwemmung, also der Lehm, der Mergel, das wahre Material der Ziegeleien aus. Wo man bessere Thone, wie Töpferthon, oder gar plastischen Thon haben kann, ist dies natürlicher Weise ein Vorzug. Insofern die Thonsteine viel dicker und massiver sind, als die Töpferwaaren, so muß auch die Zusammenziehung oder das Schwinden bei'm Trocknen und Brennen von ungleich größerem Einfluß sein, d. h. unter gleichen Umständen werden die Steine Risse bekommen, während Geschirre ganz bleiben. In den Ziegeleien richtet man also sein Augenmerk stets darauf, diesem Uebelstande durch einen Zusatz zu begegnen, welcher dem Schwinden nicht unterworfen ist. Sand, kalkige Mergel, auch Steinkohlen und Coaksabgänge, Torfabfälle ꝛc., Sägespäne, sind zu diesem Zwecke wohlfeil genug und geeignet. — Zuweilen enthält die Ziegelerde schon hinreichend Sand oder Kalk, während in anderen Fällen durch Mischen einer zu fetten (zu stark schwindenden) Ziegelerde mit einer zu magern (sand- oder kalkhaltigen) die rechte Mitte erzielt werden kann. Einige Beispiele werden die Sache anschaulicher machen.

Die feinen Schlammtheile, welche von den Flüssen fortgeführt werden, setzen sich, nachdem die gröbern Flußgeschiebe längst niedergefallen sind, erst spät ab, wenn der Strom seine Geschwindigkeit und folglich Stoßkraft fast eingebüßt hat. Dieß geschieht in der Nähe der Mündungen und bildet die sogenannten Deltas, welche meist umfassende Thonablagerungen sind, und liefert den bewohnten Orten solcher Gegenden ein willkommenes Baumaterial.

Aus einer solchen Quelle beziehen die Ziegeleien in Holland, um London, an den Gangesmündungen, am Nil u. a m. ihren Thon. In Holland pflegt man sogar den Schlamm der Yssel mit Sacknetzen vom Grunde des Wassers aus zu schöpfen, um daraus mit gegrabenem Thone die Masse für Backsteine zu mischen.

Bei Paris verwendet man den plastischen Thon von Arcueil, Vauvres ꝛc., welche mit Kohlenabfällen versetzt werden. Wenige gute, aber wohlfeilere Steine werden aus $\frac{2}{3}$ eines eisenschüssigen, sandhaltigen Thons (der aber nicht mit Säuren aufbrauf't und folglich von Kalk- und Bittererde frei ist), von röthlicher Farbe mit $\frac{1}{3}$ eines kalkhaltigen, grauen Sandmergels gemacht. Die Masse der dort sehr üblichen Platten zum Belegen der Fußböden ist ein Thonmergel, der in den Hügeln von Ecouen vorkommt.

In London und der Umgegend, woselbst, wie in dem größten Theile von England, die Backsteine fast das ausschließliche Baumaterial sind, wird die Masse zu den gebrannten Steinen den Alluvialablagerungen entnommen, welche eben in dem Becken von London über dem sogenannten **London clay** liegen. Wenn man diese Ablagerungen senkrecht durchschneidet, so kommt man durch drei ihrer Beschaffenheit nach verschiedene Schichten. Die unterste ist ein Thon voll von Geschieben aller Art, mit Kreidestücken ꝛc., welcher in

der Regel nicht gebraucht wird, — und allmählig in die mittlere, eine ähnliche Mischung von Thon (malm genannt), aber mit feineren Kreidetrümmern und Sand, statt der groben Geschiebe, übergeht. In der obern Schicht endlich herrscht der Thon vor, die beigemengten Gesteintrümmer, der Sand tritt zurück und der Kalk hat so abgenommen, daß der Thon kaum noch aufbraus't. Der Thon der obern Schicht ist zu fett und wird meist mit Zusatz von Steinkohlencinders (einem Gemenge von Asche und kleinen Coakstücken, welches von den Feuerungen der Stadt gesammelt wird) oder Sand verarbeitet. Der Thon der mittlern Schichten bedarf höchstens Cinders, keinen Sand. Die Backsteine der meisten Häuser Londons sind aus derselben Erde gemacht, welche für die Fundamente ausgegraben wird.

In America versetzt man mit Erfolg die Erde oft mit Anthracitabfall. Lehm, mit Sand versetzt, ist das Material, welches bei uns wohl am häufigsten angewendet wird.

Ueber die Tauglichkeit einer Erde zum Backstein- oder Ziegelbrennen kann man nur dann ein Urtheil gewinnen, wenn man sich zuvor vergegenwärtigt, welchen Anforderungen ein guter Stein oder Ziegel seinem Zwecke gegenüber genügen muß. Sie sind folgende:

1) Die Backsteine müssen hinreichend hart und fest sein, um den Druck der über ihnen lagernden Mauerschichten zu tragen, ohne zu springen und um bei'm Transport nicht zu brechen. Letzteres gilt besonders für die Ziegel.

2) Um dem bezeichneten Drucke zu widerstehen, müssen die Steine vor allen Dingen möglichst flach, aber nicht hohl aufeinander liegen, folglich richtig und geradflächig geformt und nicht mit Höhlungen und Rissen behaftet sein, welche ihre Festigkeit beeinträchtigen.

3) Sie sollen ferner nicht zu schwer, d. h. zu dicht sein, weil im Bauwesen ein überflüssiges Gewicht als eine Verminderung der Festigkeit angesehen werden muß. Dieß gilt ganz besonders für Ziegel, insofern bei der Dachbedeckung eine geringe Belastung die vornehmste Rücksicht ist. Ebenso wichtig ist es, was mit der Dichtigkeit und Porosität der Masse zusammenhängt, daß die Backsteine gegen den verbindenden Mörtel die gehörige Adhäsion zeigen, d. h., daß der nasse Mörtel fest genug anhaftet, um nach dem Erhärten einen dauerhaften Verband zu bilden.

4) Die Mauersteine müssen sich leicht und sicher „verhauen" lassen, d. h. sie müssen einen solchen Härtegrad und eine solche gleichmäßige Beschaffenheit im Innern besitzen, daß sie unter dem Schlage des Hammers nicht zerfallen, oder in einer andern als der gewünschten Richtung, oder zu schwer durchspringen.

5) Sie dürfen sich unter dem Einflusse von Feuchtigkeit und Kälte nicht zerbröckeln oder abblättern.

6) Endlich müssen diejenigen gebrannten Steine, die in Folge ihrer Bestimmung höheren oder sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, also die zu Essen, Feuerungen, Heerden, Stubenöfen und Hüttenöfen gebraucht werden, vermöge ihrer Mischung im Stande sein, Temperaturwechsel auszuhalten, ohne zu brechen, sowie hohe Hitzgrade bestehen, ohne zu schmelzen. Im Gewerb-, Hütten- und Fabrikwesen ist diese Rücksicht so überaus wichtig, daß die Herstellung solcher Steine ein besonderer Zweig geworden ist, wovon weiter unten die Rede sein wird. (Siehe die „feuerfesten" Steine.)

Man sieht bei'm ersten Blick, daß viele dieser Eigenschaften lediglich von der Formung und der Leitung des Brandes abhängen, während dagegen die unter 3, 5 und 6 angeführten Fehler aus einer unrichtigen Mischung oder Unreinheit des Thons ent-

springen. Fast jede Masse zu gebrannten Steinen besteht entweder aus einem von Natur nicht ganz gleichförmigen Thone, oder ist doch aus verschiedenen Thonen unvollkommen gemengt. In beiden Fällen wird diese Ungleichartigkeit in dem fertigen Stein, theils sichtbar durch die verschiedenartige Farbe hervortreten, theils durch geringere Festigkeit und falsches Springen bei'm Behauen fühlbar werden.

Endlich enthalten solche Thone fast stets fremdartige Beimengungen, deren Nichtentfernung von nachtheiligen Folgen begleitet ist.

Dahin gehören Kalktheile, die nicht gleichmäßig unter die Thontheile gemengt sind; ferner Stücke von Schwefelkies, kleinere Steine und Gerölle, Reste von organischen Theilen ꝛc., alles Dinge, die sich anders verhalten, als die gebrannte Thonmasse und folglich die Gleichmäßigkeit unterbrechen.

In der That, wenn ein Thon, besonders Lehm, Stückchen von Kalkfelsen, z. B. Kreidestückchen, Kalknieren, kalkige Versteinerungen, enthält, so werden sich diese unverändert im Feuer brennen und eine Höhlung voll gebrannten Kalks bilden, der höchstens an den Wänden mit der Thonmasse verschmolzen ist. Sobald bei der ersten Gelegenheit Wasser in den Stein dringt und diese Nieren erreicht, wird sich der Kalk löschen, aufblähen und den Stein zerblättern.

In ähnlicher Weise wird sich Schwefelkies zersetzen, ein Theil oder aller Schwefel wird abbrennen und eine Menge Eisenoxyd (oder basisch-schwefelsaures) zurückbleiben, die nicht mehr im Stande ist, die Höhlung auszufüllen, die das Kiesstückchen in dem Steine geformt hatte. Ueberhaupt haben alle Gemengtheile des Thones, auch die im Feuer nicht verändert werden, jedenfalls den Nachtheil, daß sie Höhlungen bilden, die nach dem Brennen nicht mehr ganz davon erfüllt sind. Die Ursache ist naheliegend. Ein Stein-

chen z. B. verändert seinen Umfang im Feuer nicht, aber die umgebende Thonmasse schwindet sehr bedeutend und bleibend. Dadurch wird aber die Höhlung, die dasselbe in der Thonmasse gebildet hat, auch bleibend weiter und kann nachher von dem Steinchen nicht mehr ganz erfüllt werden, wodurch der Stein an einer solchen Stelle eher brechen wird, als an einer andern.

Pflanzenreste, Wurzelstücke wirken natürlich ebenso schädlich; sie hinterlassen nach der Verbrennung, wogegen sie bei der Porosität des Thons auch im Innern nicht geschätzt sind, Höhlungen. Oft verursachen solche durch heftige Gasentwickelung ein Platzen des Steins.

Wenn größere Geröllstücke in dem Thon verbleiben, so kann es sich ereignen, daß dieselben, wenn sie der Oberfläche nahe lagen, nach dem Brennen als Erhabenheiten hervortreten. Es bleiben nämlich solche Gerölle stehen, während die Thonmasse umher schwindet, d. h. einsinkt.

Die aufgezählten Eigenschaften der gebrannten Steine und ihre möglichen Fehler sind es nun, welche den Ziegler bei der Auswahl des Thons leiten müssen; dabei ist es aber so gut wie unmöglich, über die Brauchbarkeit eines geeignet scheinenden Thones im Voraus zu bestimmen. Wenn auch die Art des Vorkommens, die Farbe, die Bildsamkeit, der Grad der Reinheit, das Aufbrausen oder nicht Aufbrausen mit Säuren, schon ziemlich sichere Kennzeichen an die Hand geben: so ist es doch stets rathsam und das Einfachste, durch Brennen einiger Probeziegel sich zu überzeugen, ob der Thon als Material für den betreffenden Zweck geeignet ist. Es wird natürlich nur in seltenen Fällen zutreffen, daß ein Thon alle gewünschten Eigenschaften in sich vereinigt, und man hat durch fortgesetzte Versuche zu ermitteln, in wel-

chem Verhältnisse fetter und magerer Thon, in welchem Verhältnisse Sand oder ähnliche Zusätze zu machen sind, damit der Ziegelthon die rechte Beschaffenheit zeige. Solange der Thon zu fett ist, solange werden die Steine zu dicht, zu wenig porös ausfallen, sich zu leicht verwerfen und reißen; solange der Thon zu mager, solange werden die Probeziegeln zu mürbe und zerreiblich erscheinen. Es versteht sich von selbst, daß man bei der Beurtheilung der Proben stets den besondern Zweck streng im Auge behalten muß, zu welchem die gebrannten Steine bestimmt sind. Ein Thon kann für Ziegel taugen, aber für Backsteine viel zu fett sein, denn bei der geringern Dicke der erstern ist das Schwinden des fetten Thons weit weniger nachtheilig, während sich ein solcher Thon leichter formt und dichtere, festere und haltbarere Waaren (bei gleicher Dicke) liefert, als ein magerer. Dachziegel aus fettem Thon können also im Allgemeinen leichter gearbeitet werden.

Frisch gegrabener ist theils wegen seiner Unreinheit, theils wegen seiner Ungleichförmigkeit, theils wegen ungleichen und unzureichenden Wassergehaltes, besonders aber auch deßhalb zum unmittelbaren Verarbeiten untauglich, weil er beinahe immer noch in der oben angedeuteten Weise mit Zusätzen gemischt werden muß.

Nach dem gewöhnlichen Verfahren besteht die Zubereitung des Thones in längerem Liegenlassen an der Luft, im Einsumpfen und Treten.

Das Liegenlassen des gegrabenen Thones in Wetter und Luft hat zum Zweck, diejenige Erweichung und Auflockerung durch die Zeit zu erreichen, die man sonst nur mit Kosten und Arbeit erzielen kann, wenn sie rasch geschehen soll.

Neben Regen und Thau, die den Thon mittelst allmähliger Durchdringung gleichförmiger anfeuchten

und in Zusammenwirkung mit der atmosphärischen Luft durch Verwitterung fremdartiger Mineraltheile verbessern, ist der Frost ein sehr kräftiges Mittel zur Auflockerung.

Jedermann weiß, daß ein gefrorener Lehmklumpen nach dem Aufthauen überaus leicht zu einem Schlamme zerfließt: wenn man sich nämlich erinnert, daß das Wasser bei'm Gefrieren eine Ausdehnung erleidet, so sieht man leicht, wie durch das Erstarren des Wassers, welches sich zwischen den feinen Thontheilchen durch Haarröhrchenanziehung festgehalten befindet, die Thontheilchen mit großer Kraft auseinander gerückt werden. Diese Auflockerung ist natürlich eine bleibende, sobald man den Thon verhindert, nachher wieder einzutrocknen. Wo es also irgend angeht, soll man das Frierenlassen nicht versäumen und den Thon mehre Monate auswittern lassen.

Es mag diese Operation vorhergegangen sein oder nicht, so bringt man den Thon nunmehr in den Sumpf (d. i. Gruben, die wo möglich ausgedielt oder ausgepflastert sind), um ihn daselbst zum Behuf des Einweichens mit soviel Wasser zu übergießen, daß alle Klumpen untergetaucht sind. Bei diesem Einsumpfen sucht man das Durchweichen durch häufiges Umstechen zu befördern.

Wenn der Thon soviel Wasser aufgenommen hat und so weich geworden ist, daß er leicht dem Drucke nachgiebt, so beginnt man mit dem Durchtreten. Eine Schicht von mäßiger Dicke wird auf einem Dielenboden ausgebreitet und mit bloßen Füßen durchgetreten. Diese Arbeit mit bloßen Füßen vorzunehmen, hat den großen Vortheil, daß der Arbeiter alle fremdartigen Dinge, wie Wurzeln, Steinchen ꝛc., leicht fühlt und auslesen kann, was in Stiefeln oder mit Stempeln nicht möglich wäre. Wenn es erforderlich sein sollte, so gießt man noch

mehr Wasser auf und fügt nach einiger Zeit mehr frischen Thon zu und so fort, so lange bis die Masse der Bewegung der Füße durch ihre Dicke hinderlich wird. Wenn die Ziegelmasse aus verschiedenen Thonsorten zusammengesetzt wird, so bringt man diese am besten schon im gehörigen Verhältniß in den Sumpf. Der Sand, die Kohlenasche, Torfabgänge und ähnliche Zusätze dagegen werden auf dem Tretplatz auf den Thon ausgeschüttet und untergetreten. Mit dem Treten muß so lange fortgefahren werden, bis der Thon in seiner ganzen Masse gleich weich und gleichmäßig feucht erscheint. Im Gegentheil würden die weniger feuchten Theile stärker schwinden, als die feuchteren und ein Verziehen eintreten. Indessen wird der Thon durch Treten niemals so gleichförmig, als die Masse für die verschiedenen Geschirre. Der fertige Thon muß an Orten (in Gruben) vorräthig gehalten werden, wo er nicht oberflächlich austrocknen kann.

Da, wo ein umfassendes Thonlager vorhanden und ein regelmäßiger und bedeutender Absatz der Waare gegeben sind, also da, wo man stehende Ziegeleien anwenden kann und vollkommnere und kostspieligere Einrichtungen möglich sind, wie in der Umgebung großer Städte, pflegt man die Aufbereitung des Thons sorgfältiger, mit größerem Aufwand und nicht selten mit Maschinen zu betreiben. — In England z. B. pflegt man den ausgewitterten Thon zu schlämmen, d. h. mit Wasser zu einer Schlämpe anzumachen, die man zur Beseitigung der groben Unreinigkeiten durch ein Sieb in Sümpfe zum Absetzen laufen läßt. Dort, wenn das überschüssige Wasser abgezogen und verdunstet ist, fügt man kalkige Zusätze hinzu, wenn diese erforderlich sind. Die Steinkohlenasche (Cinders) aber wird stets eingetreten; zu dem Erde siebt man auf eine 3 Fuß dicke Schicht

Thon, je nach seiner Fettigkeit, 1 bis 1½ Zoll Steinkohlenasche.

In der Fabrik von Henschel in Kassel, woselbst Steine, Röhren und architectonische Ornamente aus Thon verfertigt werden, bedient man sich einer Maschine zum Aufweichen und Reinigen des Thons, welche das Treten ersetzt. Diese einfache Vorrichtung Fig. 1 besteht aus einem hölzernen viereckigen Trog a, a, a, a, der auf die Balken d, d, d aufgezogen ist. Diese letzteren sind in die eingerammten Pfähle b, b, b eingezapft, so daß dadurch dem Ganzen eine hinreichend feste Lage gesichert ist. In der Achse des Troges befindet sich eine hölzerne, an beiden Enden mit Eisen beschlagene Welle o, o, o, auf welcher 19 Rührarme c, c, c in einer Reihe und zwar so aufgezogen sind, daß je zwei einen Winkel von 45° miteinander machen. Die eiserne Achse x, x' der Welle o geht auf beiden Seiten durch die schmalen Wände des Troges und ruht außerhalb in den Zapfenlagern y' und y. Bei x' ist eine Rolle r, r auf die Achse aufgezogen, welche durch ein darüber geschlungenes Laufband die Verbindung der Maschine mit der Triebkraft (dem Pferdegöpel) vermittelt. Wenn der Trog gehörig mit Wasser und Thon beschickt ist, so bedeckt man ihn von oben mit einem Deckel und läßt die Welle an. Durch die Bewegung derselben werden natürlich die Arme c, c den Thon zerdrücken und mit dem Wasser durcheinander peitschen, bis eine gleichförmige Schlämpe daraus entstanden ist. Diese flüssige Masse wird alsdann durch ein Sieb in die Menggrube abgelassen, wo sie nachher mit den nöthigen Zusätzen versehen und durch die Thonmühle Fig. 2 gelassen wird.

Die Wirkungsweise einer solchen Thonmühle geht aus ihrer Einrichtung im senkrechten Durchschnitt Fig. 2 hervor. A, A, A, A ist ein in Eisen gebundener

hölzerner Bottich. Genau in der Achse desselben ist eine senkrechte Welle a, a angebracht, welche von der bewegenden Kraft um sich selbst gedreht wird. Sie trägt sieben übereinander stehende horizontale Arme c, c, c, woran je drei schneidende Klingen aufgezogen sind. Die untersten Klingen p an dem untersten Arme sind miteinander verbunden und schief gestellt. Vermöge dieser Stellung nehmen sie fortwährend die unterste Schicht Thon vom Boden weg und drängen sie durch die Oeffnung S nach Außen. Dadurch sinkt dann die übrige Masse stets von oben nach unten und begegnet so unausgesetzt der Wirkung der obern Klingen, in deren Bereich sie nacheinander eintritt. Bei anderen Maschinen sind die Klingen horizontal; aber in einem gewissen Winkel geneigt aufgezogen, so daß das ganze System zusammen eine Art Schraubenfläche bildet, welches den Thon schneidet und zugleich nach unten, der Oeffnung S zu, schraubt.

Die Reinigung des Thons geschieht aber nicht bloß durch die Siebe, sondern auch in einem gewissen Grade durch die eigenthümliche Wirkung der Maschine selbst. Wie man aus der Abbildung Fig. 1 ersieht, reichen die Arme c, c nicht bis an Boden und Wand des Troges, sondern gehen daran in einem Abstand von einigen Zollen vorüber, der in den Ecken noch mehr beträgt. In diesen Zwischenraum setzt sich sogleich ein weicher Ueberzug von Thon fest, der von den Rührarmen nicht erreicht, folglich auch nicht aufgeschlämmt werden kann. Alle gröberen Steine, Knollen 2c. drücken sich nun während der Arbeit in diese Masse ein und werden somit aus dem zu schlämmenden Thon entfernt.

In der Feilner'schen Fabrik in Berlin ist der Trog von Gußeisen, der Deckel von Holz und die Arme c, c an den Enden dreizackig.

Das Formen der Steine auf den gewöhnlichen Ziegelhütten ist eine einfachere Operation, als bei allen anderen Thonwaaren. Der Arbeiter hat einen Vorrath Thon neben sich, einen Tisch vor sich und ist von einem Handlanger unterstützt. Die Formen sind viereckige Rahmen von Holz oder besser Gußeisen, welche um den Betrag der Schwindung größer sein müssen, als der künftige Stein. Die Rahmen bilden an und für sich nur die vier schmalen Kanten; die eine breite Fläche wird durch den Tisch, der der Form als Unterlage dient, die andere dadurch geformt, daß der Arbeiter den überschüssigen Thon mit einem gerade gerichteten Streichbret dicht über dem Formrand wegstreicht. Um das lästige Anhängen des Thons zu vermeiden, pflegt man die nasse Form in Sand zu wälzen, wodurch sich der geformte Stein leicht ohne Zeitverlust und ohne Verbiegung aus dem Rahmen lös't. Die Arbeit verläuft in folgender Weise: der Arbeiter wirft einen Thonballen mit Gewalt in die vor ihm stehende gesandete Form; die Masse, die sich zum großen Theil schon durch den Wurf in der Form abgeplattet hat, wird durch einige rasche Griffe mit der flachen Hand und den Daumen in die Ecken ausgebreitet und das über die Form vorstehende mit dem Streichbret weggenommen. In diesem Augenblicke kehrt der Handlanger mit einer entleerten Form zurück, legt dieselbe an die Stelle der gefüllten und bringt diese nach dem Trockenplatze genau auf die Stelle, wo der neue Stein zum ersten Trocknen liegen soll. Nachdem die Form abgezogen ist (was möglichst senkrecht geschehen muß, um die Ecken und Kanten nicht zu verderben), taucht sie der Handlanger zuerst in Wasser, dann in Sand und eilt zum Formtisch zurück, um sie ebenfalls gegen die erste, unterdessen gefüllte, Form einzutauschen u. s. f.

Die Leistung der Arbeiter in einer bestimmten Zeit ist zwar stets sehr groß, hängt aber wesentlich von dessen Kraft und Gewandtheit ab. Deßhalb sind auch die Angaben über diesen Punct schwankend, und es wird die Zahl der Steine, die ein Ziegler in einem Arbeitstage von 12 Stunden fertigt, von 2500 bis 10000, oder 3 bis 14 in der Minute angegeben. Nach Simms stellte sich in den zur Dover-London-Eisenbahn gehörigen Ziegeleien die Leistung von 1 Former, 1 Treter, 1 Kärner und 2 Jungen auf 16000 Steine die Woche. Daß die Beschaffenheit des Thons dabei von großem Einfluß ist, beweis't unter Anderem die Bemerkung desselben Technikers, wonach 30 **sand-stock-bricks** soviel Zeit erfordern, als 16 **slop-bricks**, welches einem Verhältniß des Arbeitlohns wie 4 : 7 entspricht.

Es ist demnach das Formen von Steinen eine höchst wohlfeile Arbeit. In England, wo der Tagelohn am theuersten ist, betragen die Formkosten von ungefähr 22 Steinen 1 Kreuzer; am Rhein — wenn man für den Former 46 Kreuzer und für den Handlanger 28 Kreuzer Tagelohn und ihre Leistungen auf 5000 Steine anschlägt — kosten 67 Steine 1 Kreuzer zu formen, worin aber schon ein Theil der Trocknungskosten mit begriffen ist. Eine solche Einfachheit und Wohlfeilheit ist begreiflicher Weise eine schwere Concurrenz für das Formen der Steine mit Maschinen; denn die Leistung eines Handformers kommt der Leistung einer Maschine nahe genug, und es können nur höchstens da die Kosten für Anschaffung und Erhaltung der Maschine bestritten werden, wo die Anfertigung von Steinen unter sonst günstigen Umständen mit großer Capitalkraft betrieben wird. Jene Umstände treffen aber sehr selten ein. Die Deckung der Zinsen für das Betriebscapital, die Erhaltung und die Nothwendigkeit, eine Maschine un-

unterbrochen zu beschäftigen, verbunden mit den Kosten und Zinsen für die bewegende Kraft, welche solche Maschinen bedürfen, setzen also — wenn die Sache von Vortheil sein soll — einen fortlaufenden und ungeheuren Absatz voraus. Ein solcher Absatz ist aber um deßwillen nur selten möglich, weil die Ziegel durch weiteren Transport zu kostspielig werden und mithin eine Ziegelei auf einen nicht sehr großen Markt beschränkt ist. Es kann daher nicht befremden, wenn man Maschinenziegeleien so selten begegnet. Nichtsdestoweniger ist es hier an seinem Platze, einen Blick auf die Principien zu werfen, welche diesen Maschinen zu Grunde liegen. Sie lassen sich darnach füglich auf folgende Klassen zurückführen:

I. Maschinen mit wirklichen Formen wie bei'm Handformen. Es ist nur eine einzige Form vorhanden, die mittelst einer Maschinerie gefüllt, geglichen und bewegt wird.

Die Form passirt zuerst unter die Thonmaschine, um sich zu füllen, kommt dann unter einen Maschinentheil, der den Thon in die Form preßt und kommt endlich frei über die Unterlage zu stehen, um einem Stempel Raum zu geben, der den Stein von unten heraushebt.

Auf diesem Principe beruhen die von Knisley 1813, von Delamoriniére 1825, von Thierrion aus Amiens 1829, von Carville aus Issy bei Paris 1840, die von Choice und Gibson neuerdings bekannt gewordenen Maschinen und die von Mac-Nab, nur daß bei mehren derselben die hin- und hergehende Bewegung in eine fortlaufende verwandelt ist.

II. Maschine, welche das Formen mit mehren Formen bewirken, die entweder auf einer drehenden Scheibe oder auf der krummen Fläche eines Cylinders geordnet sind. Im ersten Falle ist die Bewegung

entweder eine hin- und hergehende, oder drehende, und zwar um eine senkrechte Achse; im zweiten Falle eine drehende um eine wagerechte Achse. Bei der von Forsyth z. B. preßt ein dampfbewegter Kolben den Thon in einen Cylinder auf eine bewegliche Formplatte, die den Boden des letzteren bildet. Diese Formplatte ist mit einer Reihe viereckiger Schlitze versehen (welche eben die Mauerziegelformen sind) und bewegt sich hin und her, so daß abwechselnd die Hälfte der Schlitze unter dem Cylinder sich befindet und gefüllt wird, während die andere Hälfte sich frei neben dem Cylinder herauszieht und somit in's Bereich eines Apparates kommt, der die geformten Steine aus den Schlitzen von oben nach unten auf Trocknenbreter herausschiebt.

Ferner gehören unter die Maschinen mit Scheiben oder Platten, die von Doolitle 1819 bekannt gemachte, bei Washington gebräuchliche, die von Lavasseur-Precourt (1826 patentirte) und die von Chanpion, Fabres und Jamis-Dubry aus Besancon (pat. 1830), sowie die des Marquis of Tweedale für Mauerziegel.

Maschinen mit Cylinder sind die der Baroneffe Gavedal-Geany (pat. 1826), die von Naudot und Comp. (pat. 1828), von Cartereau (pat. 1829) und die neueren von Leahy und Nash.

III. Maschinen, welche vermittelst ihrer Form die Mauerziegel aus einem Thonkuchen ausstechen, so etwa, wie man feines Backwerk zu formen pflegt. Natürlich muß in diesem Falle von der Maschine ein Thonkuchen von der Dicke des künftigen Steins vorbereitet werden. — Bei hinreichendem Drucke lassen sich mit solchen Vorrichtungen den Steinen gleichzeitig architectonische Verzierungen in halberhabener Arbeit aufdrücken, wie bei der Maschine von Virebent in Toulouse (pat. 1831). Sonst

gehören noch hierher die von Cundy 1827 bekannt gewordene, ferner die der Gebrüder Bosq, Girault und Gebrüder Taxil (pat. 1829).

IV. Maschinen, welche ein fortlaufendes Band von Thon erzeugen und dasselbe nachher in einzelne Mauerziegel zerschneiden. Ein solches Band ist ein Parallelepiped von beliebiger Länge, dessen Dicke der Dicke des Backsteins, dessen Breite seiner Länge gleichkommt. Wenn man daher von diesem Bande Stücke von der Breite eines Backsteins abschneidet, so werden diese überhaupt die richtige Form eines Backsteines besitzen. Die Erzeugung des Thonbandes geschieht in diesen Maschinen in einer Weise, die theils Aehnlichkeit mit der Verfertigung von Nudeln in Nudelfabriken, theils mit dem Ziehen von Draht auf Drahtzügen hat, d. h., sie geschieht dadurch, daß ein Cylinder den Thon auf der Thonmaschine empfängt und der Kolben des Cylinders den Inhalt gewaltsam durch eine Oeffnung von dem oben bezeichneten Querschnitte preßt; das daraus hervorquellende Band geht erst durch Walzenpaare 2c., um seine Form nachzubessern, und wird dann von einer horizontalen Unterlage aufgenommen und durch auf- und niedergehende Drähte zerschnitten. Es versteht sich von selbst, daß der Querschnitt eines solchen Bandes ebenso zwei und vier Steinen gleich kommen kann, beides entweder in Dicke oder Länge. Alsdann ist aber der Schneideapparat zusammengesetzter und trennt mit jedem Schnitte auch zwei oder vier Steine. Die Maschine von Hostemberg (1807 in Petersburg im Gebrauch), die von George aus Lyon (pat. 1828) und die des Marquis of Tweedale für Dachziegel, aber ganz besonders die bekannten von Terasson-Foujères, die in demselben Jahre die goldene Medaille der Soc. d'Encour. erhielt, gehören hierher. Auf der

letztern können 10, 20, 30 bis 40 Steine auf einmal geschnitten werden.

Es ist schon angeführt worden, daß die fertig geformten Ziegel von den Handlangern flach auf den Trocknenplatz gelegt werden. Nach Maßgabe, als dieselben nun durch Trocknen steifer werden und die Gefahr des Verbiegens aufhört, stellt man sie zuerst auf die hohe Kante und schichtet endlich 3, 4 bis 5 Reihen in dieser Stellung über einander, aber so, daß Zwischenräume bleiben und der Luftzug allenthalben durch die Lücken der dadurch entstehenden durchbrochenen Mauer streicht. Des Nachts, oder wenn Regen droht, oder wenn man überhaupt das Trocknen nicht immer überwachen kann, müssen die Mauern von oben mit Bretern und Stroh, von der Seite ebenfalls mit Stroh oder Matten bedeckt werden. Hie und da pflegt man die halbtrocknen Ziegel inzwischen durch Schlagen mit einem flachen Brete nachzubessern, eine Maßregel, die die Güte der Steine sehr befördert und jedenfalls anzurathen ist, wenn es sich mit dem Kostenpuncte verträgt. Der Verlauf des Trocknens geht sehr deutlich aus folgendem Beispiele hervor: Ein Stein (9,9 Zoll lang, 5,1 Zoll breit und 2,6 Zoll dick) wog, frisch geformt, 94 Unzen, vor dem Brennen also völlig lufttrocken, nur noch 72 und nach dem Brennen 68 Unzen. Während des Trocknens sind also 22 Unzen Wasser weggegangen, und zwar 9 Unzen in den ersten 24 Stunden, 13 Unzen während der übrigen Trocknenzeit, d. h., in 5 bis 6 Wochen. Der trockne Stein hielt noch 4 Unzen Feuchtigkeit zurück, die bei'm Brennen entweichen. — In stehenden Ziegeleien werden die Mauerziegel in besonderen Schoppen getrocknet. Sie bestehen aus einem unter Dach, aber sonst offen angelegten Baue von Lattengerüsten; bei'm Formen

entleert man die Form auf Tragbretchen, welche man mit dem Stein auf die Latten neben einander reiht.

Das Trocknen der Dachziegel geschieht nie anders, weil man diese nicht für sich über einander stellen kann; dagegen ist das Formen etwas verschieden.

Die Gestalt der Ziegel weicht nämlich darin ab, daß sie mit einem Vorsprung oder Nase versehen sein müssen, womit sie an die Dachsparren befestigt werden. Die in der Gegend von Gießen gebräuchlichen Formen, Fig. 3, bestehen aus einem Brete mit Handhaben, worauf schmale Leisten c,c von der Dicke der Ziegel aufgenagelt sind. Diese Leisten sind so ausgeschnitten, daß sie die Form des Ziegels bilden, während die Nase sich in der Vertiefung o abdrückt. Der Arbeiter fängt damit an, diese Form mit Staub (Chausséestaub oder feingemahlenen trocknen Thon) zu bestreuen, wirft dann einen Ballen Thon darauf, drückt diesen in die Ecken und in c fest ein; schneidet das Ueberflüssige mit einem Drahte glatt über die Leisten weg und legt es zur Seite, um sogleich mit einem glatten Holze die Schnittfläche zu ebenen. Nachdem der Ziegel auf diese Art geformt ist, faßt der Arbeiter die Form bei'm Griff und stürzt sie auf ein Trocknenbret um, worauf der Ziegel liegen bleibt, während die leergewordene Form auf's Neue gefüllt wird u. s. f. Krumme Ziegel, wie die Firstziegel von der ⌒ Form werden zuerst flach geformt und dann auf einem rundlichen Holze, dem Formbocke, gebogen. Die rothe Farbe erhalten die Ziegel dadurch, daß man sie lufttrocken in eine Schlempe von sehr eisenschüssigem Lehm oder ockrigem Thon eintaucht.

Es versteht sich von selbst, daß man mittelst der oben erörterten Maschinen ebensogut Ziegel, als Backsteine formen kann. Indessen macht das Auf-

setzen der Nase einige Schwierigkeit und muß meist in einer besonderen Operation geschehen.

Das Brennen der Backsteine und Ziegel geschieht, wie man sich leicht denken kann, auf sehr verschiedenen Wegen. Die Natur des Brennstoffs, der dem Ziegler zu Gebote steht, seine Geldmittel und Einsicht, das Herkömmliche, sind nicht allein maßgebend, denn es hängt ebensoviel davon ab, ob es sich um einen fortlaufenden Betrieb in stehenden Ziegeleien handelt, oder ob um einen periodischen Betrieb an Ort und Stelle, wo man ein Thonlager für einen vorübergehenden Zweck ausbeutet, wie bei Eisenbahnbauten ꝛc. Keiner von diesen Umständen giebt eine entschiedene Richtschnur ab, doch bestimmen sie im Allgemeinen den Weg, den man einzuschlagen hat, unter gehöriger Berücksichtigung des jedesmaligen Preises von Brennstoff, Arbeitslohn ꝛc. Die verschiedenen Einrichtungen zum Brennen der Thonsteine lassen sich sehr gut unter zwei bestimmte Gesichtspuncte fassen:

Entweder baut man einen Ofen, der jedesmal mit der zu brennenden Waare beschickt wird, wie bei den Thongeschirren. Solche Oefen sind bald offen, bald geschlossen, bald stehend, bald liegend;

oder man setzt die zu brennenden Steine so übereinander, und bedeckt sie in der Weise, daß diese selbst mit der Bedeckung eine Art extemporirten Ofen bilden (Feldbrennerei).

Die Feldbrennerei ist sehr geeignet, um große Massen von Steinen auf einmal zu brennen, kann aber auf Steine, bei denen es auf besondere Feinheit und Reinheit der Form ankommt, z. B., auf Dachziegel, nicht angewendet werden und ist am besten für Steinkohlen, weniger für Torffeuer, nicht gut für Holzfeuer passend.

Die Oefen dagegen sind für jeden Brennstoff und jede Waare geschickt, fassen aber in der Regel bedeutend weniger Steine und sind mit Kosten der Erbauung ꝛc. verknüpft, die im andern Falle wegfallen.

Ein Nachtheil endlich ist beiden Fällen gemein und mag höchstens bei einigen stehenden Oefen eine Ausnahme erleiden, nämlich unvollkommene Leitung der Temperatur. Dieser Uebelstand gewinnt eigentlich nur durch die Leichtschmelzbarkeit des Thones Bedeutung, woraus gewöhnliche Ziegel gemacht werden. Denn bei der Masse der Steine, die auf einmal gebrannt werden, ist der Ziegler gleichsam gezwungen, wenn er die dem Feuer entfernter liegenden Steine zur Gahre bringen will, die übrigen dem Heerde näher befindlichen zu überhitzen, wodurch sie anfangen, zu fließen, sich zu krümmen, zu sogenannten „Sauen" zusammenzubacken, kurz zu verderben.

Statt weiterer Erörterungen mögen einige Beispiele die Grundsätze erläutern, worauf die Einrichtung und Handhabung bei'm Brennen beruhen.

Der stehende Ofen, Fig. 4, ist von Henschel angegeben und in der Gegend von Kassel allenthalben gebräuchlich. Obgleich für Ziegel bestimmt, kann derselbe doch zugleich als gewöhnlicher Töpferofen von sehr guter Construction angesehen werden. **A** ist der Brennraum, **B** die Feuerung, **C** der Aschenfall, **D** die Esse. Das Feuer geht mithin von der einen schmalen Seite in wagerechter Richtung durch die ganze Länge des Ofens nach dem Kamine. An diesem befindet sich die Einsatzthür **b**, die bei jedem Brande vermauert wird. Die durchbrochene Mauer **a a** schneidet den Feuerheerd von dem Brennraum und bewirkt eine gehörige Vertheilung des Feuers über den Querschnitt. Die Anlage des Feuerheerdes ist bei diesen Oefen besonders empfehlenswerth. Der

Rost r ist gegen den Ofen geneigt, um das Nachrücken des Brennstoffs zu befördern, während die Krümmung der Decke die Flamme ungezwungen nach dem Brennraume leitet. Die Heizthüre e kann leicht mittelst des Gewichts o an den Rollen n, n an der schiefen Vorderwand aufgezogen werden. Der Canal p, sowie einige ähnliche kleinere Canäle in den Wänden an den Längsseiten des Ofens, dienen für die Trockenerhaltung des Mauerwerks, eine Hauptbedingung für eine tüchtige Leistung. Bei den Ziegelöfen auf dem platten Lande, die meist von derselben Einrichtung, aber roher und von schlechten Verhältnissen sind, wird gegen diesen Punct am meisten gefehlt. Man sieht solche Oefen nicht selten bis zur Höhe des Rostes in den Boden versenkt (um die Beschickung bequemer eintragen zu können), ohne daß die erforderlichen Abzüge für die Feuchtigkeit vorhanden sind. Ebenso oft fehlt es an einem guten Schluß und an Dichtheit des Mauerwerks, ohne welche eine richtige Regulirung des Feuers eine Unmöglichkeit ist. Bei Henschel's Ofen ist zu diesem Zwecke in der Esse bei g eine Schieberplatte von Eisen angebracht. Durch eine verschließbare Oeffnung der Esse, einige Zoll oberhalb dieser Platte, kann man dieselbe mit Sand bestreuen, um einen dichten Schluß während der Abkühlung des Ofens zu erhalten. Um dem Ganzen mehr Dauer zu verleihen, muß man den Ofen mit Stabeisen binden.

Es ist von selbst einleuchtend, daß die Hitze bei diesem und allen ähnlichen Oefen bei'm Ständer a a viel größer sein muß, als gegen die Esse hin. Um dem Schmelzen der Steine (der Bildung von Sauen) zu begegnen, pflegt man beinahe stets in dem Vordertheile des Ofens eine gewisse Menge Kalk einzusetzen, dem der höhere Hitzgrad nicht schadet.

Bei einem Ofen, wie der abgebildete, dessen Brennraum $3\frac{1}{2}'$ hoch und 10' lang war, also von der kleinsten Gattung, fand man den Aufwand an Kasseler Braunkohlen zu circa 24 Ctr., um eine volle Beschickung von 6000 Stück Backsteinen und den zugehörigen Kalk gahr zu brennen, welches 48 bis 52 Stunden dauert. Meist fassen unsere Ziegelöfen das Doppelte und mehr, wobei aber verhältnißmäßig weniger Brennstoff erforderlich ist. Da, wo man mit Holz statt mit Kohlen heizt, muß der Brennraum verhältnißmäßig länger sein, weil die Holzflamme ungleich länger ist.

Im Würtembergischen sind die dort üblichen Ziegelöfen vor mehren Jahren von Weberling durch Einführung guter geschlossener Oefen verbessert worden. Man brannte früher 10,000 Ziegel in 3—4 Tagen mit 7 Klafter *) Birken- oder 9 Klafter Tannenholz oder 24—30,000 Stück Torf gahr. Nunmehr verbraucht ein Weberling'scher Ofen für gleichen Einsatz $2\frac{1}{4}$—$2\frac{1}{2}$ Klafter Birken- oder 3—$3\frac{1}{2}$ Klafter Tannenholz oder 10,000 Stück **) lufttrocknen Torf und brennt die Waare in nur $2\frac{1}{2}$—3 Tagen.

Bei einem geschlossenen Ofen auf der Hellmann'schen Ziegelei bei Hannover, der aber von viel größerem Umfang ist, haben sich folgende Ergebnisse herausgestellt: Der Arbeitsraum ist an den Seitenwänden 8', unter dem Gewölbscheitel 12' 8" hoch und seine Länge 20' 4", so daß er 24,000 Stück Ziegel faßt. Um diese gahr zu brennen, bedarf man, je nach der Güte der Kohlen, ziemlich verschiedene Mengen Steinkohlen, die sich im Durchschnitt auf 260 Ctr. berechnen. Dieser Ofen wird nicht an einer, sondern von beiden schmalen Seiten zugleich und zwar durch je 4 Roste und Heizlöcher geschürt. Die Roste

*) Eine Klafter = 144 C. F.
**) Giebt zu 20 Loth 1 Stück, 62 Centner Torf.

stoßen übrigens in der Mitte zusammen, d. h., die Feuerungen gehen von einer schmalen Seite des Ofens durch und durch nach der andern; es sind also vier solcher durchgehende Feuerungen neben einander vorhanden, die zu beiden Seiten ausmünden. Dadurch hat diese Einrichtung den Vortheil einer besser vertheilten und gleichförmigern Heizung mit dem offenen Ziegelofen Fig. 5 gemein, welcher für Holzfeuerung eingerichtet ist. Die Abbildung ist ein Durchschnitt durch die schmale Seite nach der Richtung der Feuerungen, deren drei neben einander liegen; **A A** ist die mittlere davon. Diese Feuergrube ist ohne Rost und oben mit einer Reihe Gurtbögen **a, a, a** überwölbt, die folglich eine durchbrochene Decke bilden (s. Fig. 1), die Vertheilung der Flamme bewirken und dieselbe in den Brennraum einlassen. Dieser ist ein längliches Viereck **M M**, oben offen und ohne Decke. Die Abbildung giebt die schmale Seite, die andere ist um $\frac{1}{3}$ größer. Die Steine werden so auf die Bögen **a**, a auf die hohe Kante aufgestellt, daß sich die Steine der verschiedenen Reihen einander kreuzen, und so weit aus einander gerückt, daß die Flamme ungehinderten Durchgang findet. Bei diesen offenen Oefen ist man im Allgemeinen der Gefahr ausgesetzt, zuviel Wärme zu verlieren; indessen wird dieser Fehler dadurch einigermaßen ausgeglichen, daß man über die Höhe des Ofens hinaus die Beschickung so hoch aufschichten kann (wie in der Abbildung), bis sie der Wirkungshöhe der Flamme entspricht. In der Praxis sieht man aber darum so gern über diesen Wärmeverlust hinweg, weil man in diesen Oefen (eben, weil sie offen sind) durch das viel bequemere und folglich mit geringeren Kosten verknüpfte Einsetzen und Ausziehen leicht mehr gewinnt. In dem großen offenen Ofen auf der Eisenhütte zu Schussenried in Würtemberg

(der Brennraum ist 28' lang, 18' breit und 14'5 hoch) hat sich die Leistung so herausgestellt, daß man während des drei- bis viertägigen Brandes einen Einsatz von 45 — 46,000 Backsteinen mit 60,000 Stück Torf gahr brennt, welche 900 — 1000 Ctr. wiegen und 24 — 30 Klaftern Tannenholz entsprechen.

Um die Wärme besser zusammenzuhalten, pflegt man den Einsatz während des Feuers oben mit einer Lage Ziegelabfälle und diese wieder während des Verkühlens mit feuchtem Sande zu bedecken.

Noch viel größer sind die offenen Oefen der Holländer; Heren beschreibt einen solchen von 51' Weite, 110' Länge und 25 Fuß Höhe im Lichten, so daß darin 56 Schichten Steine auf einander zu stehen kommen. Er faßt über 3 Millionen Steine, welche in 36 Tagen durch die Flammen von 10 Heizöffnungen von beiden Seiten gahrgebrannt werden, wobei etwa 1 Million Stück Torf darauf gehen. Die Feuerungen sind nur offene Gräben oder Gassen, nicht überwölbt (ein sehr gewöhnlicher Fall), indem man mit der untersten Schicht zu brennender Steine die Feuergasse von oben zusetzt. Die unterste Schicht steht etwas gesperrt, die obere dicht, aber so, daß parallele Klüfte bleiben zur Circulation der Flamme.

Stehende geschlossene Oefen. Wie man sieht, liegt hier die Feuerung nicht neben, sondern unter dem Brennraume, so daß sich der offene Ofen an die stehenden geschlossenen Oefen anreiht, an denen der in Fig. 6 abgebildete von Bihl in Waiblingen ein gutes Beispiel giebt. Er hat in ganz ähnlicher Weise zwei, wie der obige drei Feuerungen hat; dagegen liegen zwischen diesen und der Esse A (die bei dem offenen Ofen ganz fehlt) zwei Arbeitsräume, ein unterer, C, zum Brennen und ein oberer, B, zum Trocknen der Waaren. Beide sind

von rechteckigem Querschnitte. Die Arbeitsräume und Esse sind mittelst durchbrochener Gewölbe von einander getrennt, von denen das unterste, a, über den Feuerungen 25, das nächst obere (zwischen Brenn- und Trocknenraum), und endlich das oberste (zwischen diesem und der Esse) beide 13 Oeffnungen zum Durchlaß der Flamme haben. Brenn-, Trocknenraum und Esse sind mit besonderen Zugängen zum Einsetzen und Reinigen versehen Das Brennmaterial liegt nicht nur unter dem Hauptofen C, sondern zugleich vor demselben in einer Verlängerung der Feuercanäle a, a, worin die Röste angebracht sind. Der Bihl'sche Ofen ist weniger für gemeine Ziegeln, sondern mehr für feinere Waaren, Thonplatten, Thonröhren, zu empfehlen.

In einem ähnlichen Ofen (bei Friedberg, Großh. Hessen) bedarf man zum Brennen von 600 Dachziegeln, 1500 Backsteinen (und 30 Malter Kalk), 130 Ctr. erdige, mulmige Braunkohle von Bauernheim, die daselbst in Klötze geformt wird.

Der Feldbrand verdankt seine Entstehung der Nothwendigkeit, an Orten Steine zu brennen, deren Entfernung von Ziegeleien den Transport zu sehr vertheuert, und wo die Umstände dessenungeachtet nicht solche waren, um einen stehenden Ofen zu lohnen. Wegen ihrer Einfachheit ist übrigens diese Methode des Feldbrandes in einigen Ländern die herrschende geworden, so in Belgien und England. Sie besteht darin, daß man die zu brennenden Steine auf einen ebenen Platz in der Weise auffetzt und schichtet, daß sie selbst alle nöthigen Feuergassen, Zugcanäle und Zwischenräume enthält, welche nöthig sind, um den Brennstoff zu bergen und daraus die gehörige Flamme zu entwickeln. Man setzt also die Steine in ganz ähnlicher Weise über einander, wie in den Oefen, und es entstehen dadurch improvisirte

Oefen, die man bei der Verkohlung Meiler nennt. Es bleibt nun noch übrig, diese Meiler, die stets im Freien errichtet werden, gegen den offenen Zutritt der Luft zu schützen, die dem Feuer unfehlbar eine einseitige Richtung geben, dasselbe bei lebhafterem Winde zu einer verderblichen Gluth anfachen und mit einem Worte jede Leitung abschneiden würde. Man bedeckt also diese bis zu 500,000 und mehr Steine haltenden Meiler äußerlich mit einer Schicht Lehm und noch außerdem von der Windseite mit beweglichen Horden von Stroh oder dergleichen. Ein Meiler, der 28 Schichten Steine über einander enthält, erfordert zum Setzen 8—10 Tage.

Wenn man mit Torf, Braunkohle oder Holz feuert, so ist der Gang des Brandes dem Brande im Ofen völlig entsprechend, d. h., der Brennstoff liegt in den Feuergassen der untersten Region, während die Flamme nach Oben dringt durch die Circulation und in der Decke ihren Ausweg findet. Brennt man dagegen Steinkohle, die ein dichtes und leicht zu zerkleinerndes Brennmaterial ist, so hat man zwar auch Feuerheerde im Fuße des Meilers, streut aber auch Kohlenklein zwischen die Steinschichten lagenweise ein, so daß sich nicht nur die Hitze, sondern auch die Verbrennung durch die Meiler hindurch fortpflanzt. Man sollte denken, daß in Folge der anfänglichen Ausdehnung, die ein solcher Meiler erfährt, der nachher eintretenden Schwindung, dem Verzehrtwerden der Kohle, worauf die einzelnen Schichten ruhen u. s. f., eine den Einsturz drohende Erschütterung erfolgen müßte. Dem ist aber bei umsichtigem Aufbau nicht so, obgleich der Umfang des Meilers wirklich sehr bedeutend einsinkt. Natürlich kostet das Aufsetzen und der Brand der Meiler, bei dem ungeheuren Umfange derselben (der Brand dauert, je nach dem Umfange, 20, 30 bis 50 Tage)

ungleich mehr Zeit, als dieselbe Verrichtung in Oefen. In England ist der Abgang bei den Meilern (dort **clamps** genannt), durch Bruch, Sauen ꝛc 10 pCt.

Wenn man sich vergegenwärtigt, wie leicht schmelzbar der gewöhnliche Ziegelthon fast durchgängig ist, und wie bei diesem Thone die Temperatur des Gahrens dem Schmelzpunct ungleich näher liegt, als bei jedem anderen Material für Thonwaaren; wenn man ferner in Betracht zieht, was bereits oben von der Ungleichheit der Temperatur in den verschiedenen Brenneinrichtungen gesagt worden: so kann es nicht befremden, daß man noch bei jedem Brande, ohne Ausnahme, eine sehr verschiedene Einwirkung der Hitze auf die Steine eines und desselben Einsatzes beobachtet, je nach der Stelle, die sie einnehmen. Diejenigen, die der Feuerung nahe sitzen und von der Hitze in ihrer vollen Kraft getroffen werden, sind meist schlackenartig zu Sauen zusammengeschmolzen und kommen unter den Abgang. Der Schaden ist um so größer, weil diese Sauen, sowie die unterste Lage der zunächstliegenden Steine — die schon deutliche Schmelzung, glasige Oberfläche und blasige Masse zeigen — auf die Ofensohle und gegen einander festgebacken, mit Brechstangen losgebrochen werden müssen, was stets mit Beschädigung und Kosten für Arbeit verknüpft ist. Weiterhin kommen Steine mit oberflächlicher Schmelzung, gleichsam glasirt; dann eigentlich gahre Steine in verschiedenen Uebergängen zu denjenigen, die dem Feuer ganz fern lagen, oder die Außenschicht der Meiler und offenen Oefen bildeten und ungahr sind. Diese Uebergänge geben sich im Allgemeinen sehr gut durch Farbenverschiedenheit zu erkennen, indem die glasirten oder geflossenen dunkelgraubraun, die gahren mehr roth, die ungahren dagegen gelbroth oder gelb erscheinen,

was übrigens, je nach der Reinheit des Thons, abweichend ausfällt.

Es ist nun ein wichtiges Geschäft des Zieglers, den Einsatz eines Ofens bei'm Ziehen nach der Beschaffenheit zu sortiren, indem die Steine der einen Art besser diesem, die der andern Art besser jenem Zweck entsprechen. So, z. B., pflegt man oft hartgebrannte Steine an der Außenseite, schwächer gebrannte an der Innenseite zu verwenden. Je härter gebrannt, um so klingender und heller, je leiser gebrannt, um so dumpfer der Thon bei'm Anschlagen; hartgebrannte, am meisten glasirte Steine dauern länger im Wetter und Frost, als weichgebrannte. Steine mit glasiger Oberfläche sind schlecht geeignet für die Verbindung mit Mörtel, der eine rauhe und poröse Oberfläche verlangt.

In Holland, wo es meistens an Bruchsteinen gänzlich fehlt, bilden solche Steine von glasiger, auf dem Bruche von Schmelzung zeugender Beschaffenheit ein hochwichtiges Material für den Straßenbau. Sie werden dort Klinkerte (von Klingen) genannt, von jedem Brande ausgehalten und bei'm Pflastern auf die hohe Kante neben einander gereiht. Natürlich widerstehen sie unter diesen Umständen, vermöge ihrer Dichte und Härte, da, wo gewöhnliche Backsteine dem Frost und der Abnutzung bald unterliegen müssen.

Entweder erheischt der Zweck eine besonder Form, wie bei Gewölben, runden Caminen ꝛc., oder die Mauerziegel bilden die bekannten Rechtecke für die gewöhnlicheren Zwecke; im letzten Falle fragt sich, welches die besten Verhältnisse sind. Bei'm Mauern ist es aber eine große Bequemlichkeit, wenn die Dicke in der Breite und Länge gerade aufgeht, d. h., wenn soviel Steine flach auf einander gelegt, gerade eine Breite, soviel eine Länge bilden; oder, wenn ein

Gleiches mit den Breiten der Fall ist. Gewöhnlich ist die Breite gleich der doppelten Dicke, die Länge gleich zwei Breiten. Nur unter solchen Verhältnissen ist es möglich, einer Mauer gehörige Festigkeit durch das sogenannte „Verbandhalten" zu geben. Man versteht darunter ein Aufmauern in der Art, daß die senkrechten Fugen nicht in eine Linie fallen, sonden, wie in Fig. 7, verschoben angelegt werden. Natürlich muß alsdann bei den Dimensionen des Steins von vornherein die Dicke der Mörtelschicht in Abzug gebracht werden, wenn einige Regelmäßigkeit eintreten soll.

Es liegt auf der Hand, daß die Dachziegel ganz andern Anforderungen Genüge leisten müssen, als die Mauerziegel, indem jene zwar keinen Druck, aber den vollen Einfluß der Witterung aushalten, dabei sich hinreichend dicht fügen müssen, ohne Wasser durchzulassen und zugleich das Dachwerk so wenig, als möglich, belasten dürfen.

Die Leichtigkeit der Ziegelbedeckung hängt aber theils von der passenden Gestalt der Ziegel, theils von dem Gewichte der Ziegel selbst ab. — Sind nun Ziegel von geringer Eigenschwere, so sind sie auch porös und somit zerbrechlicher und leichter durch den Frost zerstörbar. Es ist demnach viel zweckmäßiger, die Leichtigkeit der Ziegel dadurch zu erzielen, daß man ihnen mehr Festigkeit giebt und sie folglich dünner streichen kann. Die Festigkeit hängt davon ab, daß sich die Thontheilchen recht innig berühren; Steine mit weiten Poren, bei denen die Thontheilchen nicht so vielfach sich berühren, sind leicht zerbrechlich. Will man diesen Zweck durch Schmelzung erreichen, so setzt man sich der Gefahr der Verbiegung und einer größern Sprödigkeit aus. Bei gewöhnlichen Ziegeln kommt nun die große Porosität von der Menge Wasser her, die man zum Formen

nöthig hat und nachher wieder durch Trocknen entfernen muß. Weniger feuchter Thon läßt sich aber nicht aus der Hand bearbeiten. Diese Betrachtungen sind es, welche das Pressen der Ziegel hervorgerufen haben. Man begreift darunter ein Formen der Steine mit einem Thone, der so trocken verarbeitet wird, daß er nur durch die Gewalt des Maschinendrucks Bindung in der Form erhält. Es werden also ungleich dichtere Steine erzeugt, theils wegen Abwesenheit eines Uebermaßes von Wasser, theils durch die Pressung an sich. Eine solche Ziegelpresse ist unter andern von Henschel eingeführt und empfohlen worden. Ihre Handhabung ist natürlich umständlicher, als die Handformerei, so daß nur etwa 600 Stück Dachziegel per Tag geformt werden können. Dagegen erspart man bedeutend an Trokkenzeit und Trockenraum, denn die Ziegel kommen unverbiegbar aus der Form und können sogleich über einander aufgesetzt werden. Was man an größerer Leichtigkeit des Daches gewinnt, besonders, wenn die Ziegel zugleich von entsprechender Form sind, lehrt folgender vom Mainzer Gewerbverein angestellter Vergleich *):

1 Quadratklafter Bedachung	kostet	und erfordert	welche wiegen	Unterschied.
von Henschel's Ziegeln.	4 fl. 15.	96 Stück.	576 Pfd.	249 Pfd.
Von gewöhnlichen	8 fl. 40.	300 „	825 „	

*) Die gebrauchten gewöhnlichen Ziegel wogen 2¾ Pfd., die viel größeren Henschel'schen 6 Pfd. per Stück.

Gepreßte, sowie glasirte Ziegel sind schon aus dem Grunde viel dauerhafter, weil Moos u. dergl. Vegetabilien, die mit die Hauptzerstörer sind, viel schwieriger Wurzel fassen, als auf der lockern Oberfläche der gewöhnlichen Ziegel.

In ähnlicher Weise hat man in Wien Vergleiche über die mit E. L. Müller's Maschine gepreßten Mauerziegel angestellt, wobei es sich aber nicht um Leichtigkeit, sondern allein um die Festigkeit handelt. Die Steine wurden auf zwei 7" entfernte Schneiden gelegt und genau in der Mitte an einer dritten Schneide mit Gewichten belastet. Man fand, daß:

Müller'sche gepreßte Ziegel bei einer Belastung von 2240 Pfd. (Mittel à 24 Proben),

gewöhnliche Ziegel bei einer Belastung von 1350 Pfd. (Mittel à 48 Proben)

brachen.

Ein eigentliches Glasiren der Ziegel, d. h., ein besonderer Glasurüberzug, wie er in Holland gebräuchlich ist, ist keine bloße Verzierung, sondern zugleich ein Schutz gegen den schädlichen Einfluß des Wetters, aber doch kostspielig. Die Glasur ist, wie bei der Töpferglasur, Mennige, mit Braunstein oder Kupferoxyd gefärbt. Auch macht man gelbe mit Schwefelantimon. Das Auftragen geschieht entweder durch Bestäuben oder Eintauchen der lufttrockenen Waaren. Auch in Frankreich, z. B., in Dijon, Rheims, glasirt man.

Die natürliche Farbe der unglasirten Mauer- und Dachziegel hängt stets mit dem Eisengehalte des Thones zusammen: entweder findet das Eisen Gelegenheit, sich höher zu rothem Oxyd zu oxydiren, oder es fehlt dazu an Hitze, um die rothe Farbe gehörig zu entwickeln; oder endlich, es findet eine theilweise Reduction (zu Oxyduloxyd) Statt, wodurch die Steine eisengrauschwarz erscheinen. In Holland,

z. B., pflegt man nach eingetretener Gahre, wenn die Steine noch völlig glühend sind, auf die Torfgluth frisches Erlenreisig mit Laub ꝛc. aufzulegen. Es entwickelt sich eine rusige, kohlenreiche (Reductions-) Flamme, ein „Schmauchfeuer," welches zum Theil durch Reduction von Eisenoxyd, noch vielmehr aber durch Absatz von Kohlentheilen, jene dunkle Farbe hervorbringt.

Leichte oder schwimmende Ziegel.

Bei einer gewissen Beschaffenheit des Materials erreichen die gebrannten Steine eine Porosität und dadurch eine Leichtigkeit, welche die des Wassers bei gleichem Umfange bei weitem übertrifft. Bekanntlich ist die Kieselerde, sowie sie aus der Zersetzung von Silicaten hervorgeht, von ausgezeichneter Lockerheit und Leichtigkeit, Eigenschaften, die sie bei ihrer Unschmelzbarkeit in der Weißglühhitze beibehält. Wenn eine Erde demnach sehr viel lockere Kieselerde enthält, so lassen sich daraus Steine von ähnlicher Beschaffenheit erzielen, wenn man etwas Bindemittel (z. B. gewöhnlichen Thon) zusetzt, oder schon soviel darin vorhanden ist, um formen zu können. Steine der Art haben mit der großen Leichtigkeit auch noch die Unschmelzbarkeit und, wegen einer Menge eingeschlossener Luft, die Eigenschaft gemein, daß sie unglaublich schlechte Wärmeleiter sind. Wo es also auf einen der drei Puncte: die Leichtigkeit (Gewölbsteine), Sicherheit gegen Feuer (Archive ꝛc.) oder Feuerbeständigkeit ankommt, können solche Steine ein sehr schätzbares Baumaterial werden.

Schon Posidonius und nachher Strabo berichten von künstlichen schwimmenden Steinen aus einer Erde, die sich in Spanien, auf einer der Inseln des tyrrhenischen Meeres und an andern

Orten vorfände. Vitruv Pollio hat ste zum Bauen, ebenso Plinius wegen ihrer Nützlichkeit empfohlen. Dieser ganz in Vergessenheit gerathene Gegenstand wurde 1791 von Giovanni Fabroni wieder angeregt, welchem es gelang aus einer Erde, die sich bei Santafiore in Toscana vorfindet, schwimmende Steine zu machen. Die Erde, eine Art Bergmehl, bestand aus ungefähr 65 Procent Kieselerde, 17 Bitter-, 14 Thon- und 4 Kalkerde. Die Steine schwammen auf Wasser, waren darin unaufschwemmbar, ließen sich mit Mörtel gut binden und waren so schlechte Wärmeleiter, daß man ein Ende in der Hand halten konnte, während das andere rothglühend war. Bei einem Versuche umgab Fabroni die Pulverkammer eines Fahrzeuges mit solchen Steinen, und hatte den Erfolg, das Schiff abbrennen und versinken zu sehen, ohne daß das Pulver zur Explosion kam. Zur selben Zeit machten Faujas, 1832 aber der Graf Fr. de Nantes und Fournet von Lyon auf eine ähnliche Erde in Frankreich (bei Ceyssat, in der Nähe von Clermont, bei Raudanne in der Auvergne ꝛc.) aufmerksam, welche Steine ganz gleicher Beschaffenheit liefern. Die Erde, die Fournet beschrieben hat, war weißgelblich, weich, wie Kreide, äußerst fein, zerging aber im Wasser nicht und konnte nur mit $\frac{1}{20}$ Thon verarbeitet werden. Sie besteht nach Abzug des Glühverlustes (Feuchtigkeit, organische Substanz, Kohlensäure) aus 87 Procent Kieselerde und 3 Thonerde und Eisenoxyd.

Die mikroskopischen Untersuchungen, welche Ehrenberg in Berlin neuerdings über diese Erden (besonders die von Ceyssat, Santafiore und Zante) angestellt hat, führten auf die merkwürdige Entdekkung, daß sie nichts weiter sind, als Anhäufungen, oder Bänke von den mikroskopisch kleinen, aus Kie-

selerde bestehenden Panzern, womit gewisse Infusionsthiere bekleidet sind. Dadurch schloß Ehrenberg, daß der unter Berlin liegende Infusorienthon ebenfalls zu solchen Steinen geeignet sei, und der Erfolg entsprach allen Erwartungen. Das Lager dieses Thons am Spreeufer ist ungeheuer ausgedehnt und stellenweise 100 Fuß mächtig. Dieser uneigentliche Thon besteht aus Kieselpanzern, deren Größe etwa den neunten Theil vom Durchmesser eines Menschenhaares betragen, sieht im frischen Zustande mehr trocken, perlgrau oder weiß aus.

Ein Cubikfuß wiegt im rohen Zustande 61 Pfd., geschlämmt und getrocknet, nur 25 Pfund 14 Loth. Steine daraus wiegen nur $\frac{1}{4}$ soviel, als gleichgroße Thonsteine. Folgendes sind die Beobachtungen über die Steine aus Infusorienthon bei Berlin, auf verschiedene Weise bearbeitet. Steine von 10'' Länge, $4\frac{5}{6}$'' breit und $2\frac{1}{2}$'' dick, also von 120 C. Z. Inhalt (ein gleiches Volum Wasser würde $3\frac{3}{4}$ Pfd. wiegen), zeigten:

wenn gestrichen von	folgenden Zustand	und wogen	Schwindung.
		Pfund. Loth.	
im Ziegelofen. mit dem Messer schneidbar. geschlämmtem Inf.-Thon schwach gepreßt	weich porös röthlich.	1 22	—
rothem Inf.-Thon, ungereinigt schwach gepreßt.	porös-saugend. Härte eines schlechten Mauersteins.	3 —	—
Inf.-Th. mit 5 Prc. Thon.	dito. dito.	3 10	—
Inf.-Th. mit 10 Prc. Th.	härter.	4 —	—
im Porcelanfeuer. rothem Inf-Thon, ungereinigt.	klingend, saugen 1 Pfund Wasser ein	wie vorher	$\frac{1}{20}$
Inf.-Th. mit 5 Prc.			
Inf.-Th. mit 10 Prc.			

Dieselben Steine noch 6 Stunden lang weißgeglüht, schwanden noch mehr (um $\frac{3}{40}$), erschienen gußeisenartig von Farbe und gaben Funken am Stahl. Die mit 10 Procent Thon sind für den Museumbau in Berlin gebraucht worden.

Die Infusorienerde ist statt Sand ein vortrefflicher Cement zu Thon.

Drittes Capitel.

Vom Kalke, Mörtel und Gyps.

Die Kalkerde, oder genau genommen, vielmehr ihre Verbindung mit Wasser, das Kalkhydrat, der gelöschte Kalk ist ein Mittel, welches seiner Wohlfeilheit und kräftigen chemischen Wirksamkeit halber in einem ungeheuern Umfange im Gewerbwesen in Anspruch genommen wird. Die überaus eingreifende Nützlichkeit dieses Stoffes beruht vornehmlich in zwei Puncten. Sie beruht zunächst darin, daß der Kalk für sich oder als Hydrat eine sehr stark ausgesprochene Fähigkeit besitzt, sich mit Säuren und zahlreichen, den Säuren ähnlichen Stoffen zu verbinden; eine Fähigkeit, die ihn unter die starken Salzbasen nach den Alkalien einreiht. Er ist, chemisch zu reden, ein wichtiges Agens, welches für den Gewerbsmann noch darum eine ausgezeichnete Wichtigkeit erlangt, weil es — dies ist der zweite Punct — leicht und allenthalben gewonnen werden kann. Die Kalksteine, im Wesentlichen kohlensaurer Kalk, und als solcher eben das Material für die Kalkbrennerei, sind Glieder aller möglichen Gebirgsarten und machen einen beträchtlichen Theil der Erdrinde aus.

Der kohlensaure Kalk hat nämlich die Eigenthümlichkeit, seine Kohlensäure schon bei mäßiger Glühhitze abzugeben und dadurch zu Aetzkalk und gebranntem Kalke zu werden, welcher seinerseits bei der bloßen Berührung mit Wasser dieses unter Zerfallen, d. h., indem er sich in ein höchst feines Pulver zertheilt, aufnimmt. (Mit der Aufnahme von Wasser

geht aber bekanntlich die ätzende Eigenschaft des Kalkes nicht verloren, sondern wird im Gegentheil erst recht entwickelt.)

Der Kalk hat sehr zahlreiche Anwendungen, hier soll darum nur diejenige technische Benutzung des Kalkes eine Stelle finden, worin derselbe nicht ein bloßes Nebenmittel, sondern das Wesentliche und Hauptstoff ist, also seine Anwendung im Bauwesen, zu Mörtel. Man begreift darunter aus Kalk und passenden Zusätzen gemischte Massen, welche, vermöge ihrer Fähigkeit, zu Stein zu erhärten, zu versteinern, als Kitt zum Zusammenfügen von Mauersteinen dienen. Jene Steinbildung, oder Erhärtung geht theils aus dem Einflusse der Luft vor sich und findet im Wasser nicht Statt, theils ist sie umgekehrt wesentlich an die Vermittelung des Wassers gebunden. In beiden Fällen liegen so verschiedene chemische Thätigkeiten zu Grunde, beide sind von verschiedener Beschaffenheit des Materials abhängig, und endlich von so ganz verschiedener Anwendung, daß sich der Gegenstand von selbst unter die beiden Gesichtspuncte:

der gewöhnliche (Luft-Kalk) mit dem Luftmörtel,
der hydraulische Kalk und Wassermörtel

unterordnet.

Vom Luftkalke.

Es ergiebt sich aus dem Angeführten von selbst und insofern das Vorkommen des ätzenden Kalkes in der Natur unter die seltensten Erscheinungen gehört, daß man den Kalk in derjenigen Verbindungsweise aufzusuchen und zu technischen Zwecken vorzubereiten hat, welche sich am häufigsten und bequemlichsten darbieten. Diese ist nun (abgesehen von dem viel

seltenereu Gypse, wovon weiter unten die Rede sein wird) der kohlensaure Kalk, der in der Natur, wie oben bemerkt, den wesentlichen Bestandtheil der sogenannten Kalksteine ausmacht.

Die Kalksteine. — Es lassen sich Kalksteine nach ihren äußeren, mineralogischen Kennzeichen auf folgende Gattungen zurückführen:

Körniger Kalkstein, von einem deutlich krystallinischen Korn; verschiedene Marmorarten (parischer, carrarischer), und besonders der Urkalk, sind Arten davon. Der bei Auerbach in der Bergstraße, wie die meisten anderen, erscheint gangförmig, d. h., er erfüllt eine breite Spalte in Granit und zwar durch Eindringen von unten auf. Er enthält häufig Glimmer, auch Flußspath, Silicate ꝛc.

Derber Kalkstein, von ebensovielen Farbenvarietäten, als der vorige, aber niemals so weiß. Wird in allen Flötzformationen angetroffen, und erhält, je nach seinem Alter, oder je nachdem er ein Glied der einen oder der andern Abtheilung dieser Formation bildet, die Namen: Uebergangskalk, Grauwackenkalk, Kohlenkalk, Bergkalk, Muschelkalk, Jurakalk, Lias-kalk, Süßwasserkalk ꝛc.

Breccienartiger Kalk, d. h., ein aus Kalksteinstücken bestehender, die durch Kalksteinmasse aneinandergekittet sind.

Mergelkalkstein, mehr oder weniger gleichartig mit Thon gemengt, von dichtem, erdigem Bruch; er gehört ebensowenig, wie der vorhergehende, ausschließlich einem Gliede der geschichteten Steine an.

Kieselkalkstein, reich an Kieselerdegebilden, wie Quarz, Hornstein, Chalcedon, Opal u. s. w. Ebenfalls dicht, so reich an Höhlenräumen, grau oder gelblichweiß.

Stinkkalk, ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Bitumen, der sich bei'm Anschlagen und Reiben

durch einen eigenthümlichen Geruch zu erkennen giebt. Gewöhnlich dicht und Schichtung zeigend. Wo er als zusammenhängende erdige Masse vorkommt, auch Asche genannt. Dunkelfarbig.

Kreide, dicht, erdig, abfärbend, selten anders, als weiß. Ausgezeichnet als Muttergestein der Feuersteine (S. 548). Besonders an den Küsten des Canals von Calais und auf der Insel Rügen entwickelt. Gehört ausschließlich der nach ihr benannten Formation an.

Grobkalk, dicht, erdig, bis sandsteinartig, stark, Quarzsand und Thon führend. Nur der sogenannten Molasseformation angehörig. Geschichtet.

Kalktuff, Ablagerungen von Kalk, der ziemlich frei von fremden Beimengungen ist; bildet sich noch jetzt. Meist ungeschichtet. Theils locker, porös, erdig, theils dicht, in dichten Kalkstein übergehend. Der Dukstein und Travertin gehören hieher. Kalksinter heißt der Kalkstein von ganz ähnlichem Ursprunge, wenn die Ablagerung krystallinische Theilchen (Kalkspath oder Arragonit) gebildet hat, die sich rindenartig übereinander gelagert haben, oft Säulen bilden (Tropfstein).

Dolomit, durch hohen Bittererdegehalt charakterisirt, meist von krystallinischem Korn, selten erdig und derb. Nicht deutlich geschichtet. Zuweilen bituminös.

Die Kennzeichen, welche mit der Bildung der Erdrinde in Beziehung stehen, also die geologischen und geognostischen, führen zu meist ganz anderen Unterscheidungen, als die mineralogischen Kalksteine, die nach ihren äußeren Kennzeichen oft kaum oder nicht nachweisbar von einander abweichen, können dessenungeachtet ganz verschiedenen Formationen und Altern angehören, und umgekehrt.

Die Beurtheilung eines Kalksteins, ausschließlich nach einer Richtung, muß also nothwendig auf einseitige Kenntniß führen. Einen ebenso einseitigen und noch beschränkteren Gesichtspunct für die Beurtheilung würde das bloße Studium des chemischen Bestandes abgeben. — Wenn man dagegen bedenkt, daß sich aus dem Vorkommen, der Ausdehnung, den Lagerungsverhältnissen der Kalke, besonders, wenn sie gegen die übrige Beschaffenheit des Landes werden, Rückschlüsse auf die Entstehung der Kalksteine machen lassen, so läßt sich leicht voraussagen, daß aus einer Vergleichung sehr interessante Beziehungen zwischen der Bildungsweise der Kalke und ihrer mineralogischen und chemischen Natur hervorgehen müssen.

Manche Kalke, wie der Urkalk bei Auerbach, enthalten augenscheinliche Beweise dafür, daß sie sich als geschmolzene Masse flüchtig bewegt haben. Solche Kalke müssen einen hohen Grad von Reinheit besitzen, weil sonst (wenn, z. B., Thon :c. als Gemengtheil vorhanden gewesen wäre) das Resultat der Schmelzung und Erkaltung sicher ein anderes hätte sein müssen, als ein Gewebe von Krystallen aus kohlensaurem Kalke.

Andere Kalksteine, die durch Niederschlag aus aufgelöst'en Kalksalzen entstanden sind, lassen eher eine Einmengung von fremden Theilen erwarten, die sich gleichzeitig chemisch oder mechanisch abgesetzt haben. So enthalten einige Bittererde, Eisen, Mangan gleichförmig durch ihre Masse, während andere quarzige oder thonige Theile theils ebenso, theils mehr schichtenweise, enthalten.

Wieder andere, und zwar eine lange Reihe von Kalksteinen, sind wesentlich durch Vermittlung der Thierwelt entstanden, wobei es sehr darauf ankommt, welche Stelle die Thiere in der allgemeinen Entwickelung einnehmen. So bauen noch jetzt gewisse

Korallenthiere in gewissen Meeren und Breiten ganze Inseln aus den Kalkhüllen ihrer Körper, wie sie in der Vorzeit, z. B., den Jura und andere Gebirge aufgebaut haben. — Dem gegenüber stehen die Kalke, die nur Anhäufungen abgestorbener Schalthiere sind, wie der Muschelkalk (im engeren Sinne). Die Schalen jener Weichthiere sind mehr oder weniger an Masse überwiegend, durch Kalk erfüllt und zu einem dichten Gestein aneinander gekittet. Aber auch die Leiber jener Schalthiere sind nicht spurlos verschwunden, denn das, was man den bituminösen Bestandtheil derselben nennt, ist in der Regel nur der Rückstand der zerstörten animalischen Organe, als thierische Substanz das Gestein durchdringend.

Von der Kreide endlich hat Ehrenberg gezeigt, daß sie, abgesehen von den größeren Versteinerungen, Belemniten ꝛc., nur aus kalkartigen Polythalamienpanzern mit geringeren Mengen von kieseligen Infusorienschalen besteht. Es ist also durch die Lebensthätigkeit dieser mikroskopischen Thiere, der in dem Wasser, worin sie lebten, aufgelöst'e Kalk zur Bildung dieser Panzer und Hüllen verdichtet worden.

Während viele dieser Kalkbildungen aus dem Meerwasser entstanden sind, erscheinen andere entschieden als Ablagerungen aus süßem Wasser. Noch gegenwärtig entstehen in tausend Fällen Kalktuffe durch Quellen, welche durch ihren Kohlensäuregehalt unter größerem Drucke Kalk auflösen und zu Tage unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre die Kohlensäure theilweise verlieren und den Kalk fallen lassen.

Was die chemischen Verschiedenheiten betrifft, so stehen diese also in einem gewissen Zusammenhange mit dem Ursprunge des Kalks und sind gleichzeitig in hohem Grade maßgebend für seine technische

Brauchbarkeit und sein Verhalten bei der Anwendung; um deßwillen und zur bessern Orientirung des Lesers ist die Zusammensetzung der Repräsentanten dieser Verschiedenheiten und ihrer Uebergänge hier in einer Tafel übersichtlich gemacht.

Ursprung der Kalke.	Analytiker.	Ordnungsnummer	1	2	3	4	5	6	7
Kohlensaurer Kalk	Stromeyer		99,54	98,5	96,30	95,50	94,0	87,2	83,83
" Bittererde			—	—	2,42	0,80	1,6	10,0	1,76
" Eisenoxydul			0,36	1,5	0,72	—	—	—	—
Kieselerde	Berthier		—	—	—	—	—	—	10,66
Thonerde			—	—	—	—	—	—	0,0
Eisenoxyd			0,10	—	Spur	1,70	3,9	2,8	1,73
Manganoxyd			—	—	—	—	—	—	0,06
Wasser			—	—	—	1,20	—	—	1,93
Organische Substanz (Bitumen)			—	—	—	—	—	—	—
Kalkspath von Andreasberg	Stromeyer								
Grobkörn. Kalkstein von Paris	Berthier								
Weißer körn. Kalkstein von Drehbach	Kersten								
Kreide von Bougival	Laurent								
Gelblichgrauer Kalk bei Lyon	Berthier								
Süßwasserkalk von Vichy	Berthier								
Muschelkalk von Hollenhagen	R. Brandes								

Ursprung der Kalke.	Süßwasserkalk bei Paris	Dolomit bei Liebenstein	Dolomit von Villefranche	Dolomit von Spezzia	Dolomit von Scheidamme	Dolomit vom Dep. Dordogne
Analytiker.	Berthier	Wackenroder	Berthier	Laugier	Göbel	Büat
Kohlensaurer Kalk . . .	74,5	63,87	60,9	55,36	53,50	50,6
" Bittererde . .	23,0	33,24	30,3	41,30	41,50	72,0
" Eisenoxydul .	—	0,91	3,0	2,00	1,50	—
" Manganoxydul	—	0,07	6,0	—		—
Kieselerde	—	—	—	0,5	(2,7 unlöslicher Rückstand)	5,0
Thonerde	—	—	—	—		2,0
Eisenoxyd	1,2	—	—	—		0,4
Manganoxyd	—	—	—	—		—
Wasser	—	—	—	—		—
Organ. Subst. (Bitumen)	—	1,05	—	—		—
Ordnungsnummern	8	9	10	11	12	13

Das Brennen des Kalkes.

Der kohlensaure Kalk wird bei der Temperatur der dunkeln Rothglühhitze noch nicht, aber bei der lebhaften Rothglühhitze vollständig in Kohlensäure und Kalk zerlegt. Die Temperatur der Zersetzung ist übrigens einigermaßen nach den Umständen verschieden, oder hängt vielmehr ganz und gar von der Leichtigkeit ab, mit der sich die Kohlensäure nach dem Austreiben entfernen kann. Sind die Kalksteine mit einer Atmosphäre von Kohlensäure bleibend umgeben, so wird die weitere Austreibung von Kohlensäure, nach Faraday, dadurch gehindert; umgekehrt wird die Austreibung der folgenden Antheile Kohlensäure beträchtlich erleichtert, wenn man für die rasche Entfernung des zuerst ausgetriebenen Antheils sorgt, so daß die Kalksteine in einer höchst möglichst wenig von Kohlensäure gesättigten Atmosphäre liegen. In geschlossenen Gefäßen hört die Zersetzung sogleich auf, nachdem sich der vom Kalke nicht eingenommene Raum mit Kohlensäure angefüllt hat. Hall fand, daß Stücke von kohlensaurem Kalk, in einer Röhre eingeschlossen, also unter hohem Druck, in Porcelanfeuer unzersetzt mit einem Verluste von höchstens 1 Proc. geschmolzen werden können und lös'te dadurch den anscheinenden Widerspruch, welcher in dem Vorkommen des Urkalkes liegt. Man sieht nämlich nicht sogleich ein, warum dieser in geschmolzenem Zustande heraufgedrungene Kalk nicht eben durch die Schmelzhitze seine Kohlensäure eingebüßt habe. Der hohe Druck, unter dem die Verflüssigung Statt hatte, erkärt aber nach dem Hall'schen Versuche die Sache von selbst.

Es ist an der Zeit, nach dieser mehr allgemeinen Betrachtung einen Blick auf den technischen Betrieb des Kalkbrennens zu werfen, den man also

als eine Zubereitung des Kalkes zu zahlreichen gewerblichen Zwecken betrachten muß. Es ist zwar im vorigen Abschnitte schon angedeutet worden, daß das Kalkbrennen sehr häufig gelegentlich mit dem Ziegelbrennen geschieht; dies ist indessen nur die Ausnahme von der Regel des gesonderten Betriebs, womit es sich übrigens ganz ähnlich, wie mit der Ziegelbrennerei, insofern verhält, als der so allgemeine Bedarf des gebrannten Kalkes das Brennen in die Hände des rohesten und unbemitteltsten Tagelöhners auf dem Lande so gut, wie in die Hände der geschicktesten Techniker und Capitalisten in der Umgebung der großen Städte gelegt hat. Man hat also in den verschiedenen Ofeneinrichtungen und Verfahrungsweisen bei'm Kalkbrennen alle möglichen Stufen der Vollkommenheit zu erwarten, von denen die im Folgenden beschriebenen Beispiele vorzugsweise charakteristisch sind.

Eine der einfachsten, aber auch rohesten Einrichtungen überhaupt ist die in der Umgegend von Gießen (bei Rodheim) gebräuchliche Einrichtung, worin man den dort ausstehenden, dichten (Uebergangs-) Kalk brennt. Der Ofen, Fig. 8, ist ein senkrechter, aus demselben Kalksteine trocken (ohne Mörtel) aufgebauter Schacht, welcher so an einem steil abfallenden Hügel, Hohlweg u. dergl. angebracht ist, daß man ebenso leicht von oben her an die Gicht a zur Beschickung, als von unten her an die Feuerung b zum Schüren gelangen kann. Der Schacht selbst ist durchweg rund, hat oben 6′ Durchmesser und erweitert sich bis zum untersten Drittel allmählig auf 10′. Dort wird durch eine plötzliche Verjüngung des Durchmessers eine Art einspringenden Gesimses von 1 Fuß Breite gebildet, worauf die Verjüngung wieder allmählig weiter verläuft, bis der Durchmesser am Boden $6\frac{1}{2}$ Fuß hat. Jenes Gesims läuft zwar

ringförmig um den inneren Umfang des Ofens, aber nicht in einer Ebene, sondern steigt gleichzeitig, wie die Abbildung zu erkennen giebt, gegen die Schüröffnung an. Das Einsetzen oder die Beschikkung geschieht nun nach einem bestimmten Plane. Die Kalkbrenner fangen damit an, mittelst der größten und zu diesem Zwecke auserlesenen Kalkstücke, ein spitzbogenartiges Gewölbe **cc** auf das Gesims aufzusetzen, welches dabei als Stützpunct oder Widerlager dient. Auf dieses Gewölbe werden die übrigen Kalksteine durch die Gicht ohne Ordnung eingeworfen, aber doch mit der Rücksicht, daß die dickeren Steine zu unterst, die kleineren Abfälle obenauf kommen, wo sie hoch über der Gicht aufgehäuft werden.

Ist die Beschickung so vorgerichtet, so baut man in dem freien Raum unterhalb des Gewölbes einen Scheiterhaufen d von (Stock-) Holz und zündet ihn an. Die Handhabung des Feuers ist eine keineswegs gleichgültige Sache; die Möglichkeit, den Brand zu vollenden, hängt nämlich von der Dauer des Gewölbes **c c** ab, welche den Tragrost vertritt. Da nun die Steine desselben durch kein Bindemittel verbunden und im Gegentheil, insofern sie unbehauen sind, sich nur an wenigen Stellen berühren und eine Menge Zwischenräume zum Durchlaß der Flamme bilden müssen: so kann schon eine einigermaßen gewaltsame Erschütterung den Einsturz des Gewölbes und die Unterbrechung der Operation nach sich ziehen. Bei plötzlicher und heftiger Einwirkung des Feuers sind aber die rasche Ausdehnung der Steine, sowie die allzuschnelle Verdampfung der natürlichen Feuchtigkeit, welche oft ein Zerplatzen der Steine verursacht, von hinreichend nachdrücklicher Erschütterung um eine solche Katastrophe herbeizuführen. Die Kunst des Kalkbrennens besteht nun darin, die Masse der

Kalksteine so allmählig, als möglich, auf die Glühhitze zu bringen. Man nennt diese anfängliche Periode „das Schmauchfeuer," weil dabei die aus dem Brennstoff entwickelten Gase wegen zu starker Abkühlung unvollkommen verbrennen und als dicker Rauch entweichen. Gewöhnlich steigt die Hitze in einem solchen Kalkofen in den zwei ersten Dritteln der Brennzeit, bis sie der Weißglühhitze nahe kommt, und fällt wieder im letzten Drittel; das Feuern muß übrigens so lange fortgesetzt werden, bis die oberen Steine bei a die Gahre zeigen. Während des Brandes rücken diese wegen der Verminderung ihres Umfanges merklich zusammen, wodurch das über der Gicht Angehäufte allmählig einsinkt.

In einem Ofen, wie der abgebildete, dauert der Brand dreimal 24 Stunden und erfordert 60 Stecken Buchenstockholz (ungefähr 600 Ctr.), um 400 Bütten Kalk (= 4000 C.F. h. = 2020 C.F. rh.) gahr zu brennen. — Es erfortdert eine geraume Zeit, bis der Ofen hinreichend kalt geworden, um die Steine ziehen zu können, was durch die Schüröffnung b geschieht. —

Die Uebelstände eines solchen Verfahrens, welche auf eine ungeheure Brennstoffverschwendung hinausgehen (den Zeitverlust kann man nicht anschlagen, weil ein solcher Brand nur nebenbei betrieben wird), liegen auf der Hand. Um den Ofen zu entleeren und wieder zu beschicken, muß man ihn jedesmal inzwischen erkalten lassen; es geht also die ganze Wärme, oder, was gleichviel besagt, der ganze Holzaufwand verloren, welcher geopfert werden muß, um die bedeutende Masse der Ofenwände auf den Hitzgrad des Kalkbrennens zu bringen. Es ist ferner einleuchtend, daß bei solchem Brande, zu einem gewissen Zeitpuncte, die untere Hälfte der Beschickung gahr sein wird, während die obere noch roh ist. Das

Gahrbrennen dieses oberen Theiles, der dem Heerde der Verbrennung sehr entrückt ist und eine Stelle einnimmt, auf welche sich die volle Wirkung der Flamme nicht mehr erstreckt, geschieht also unter ungünstigen Umständen und ist im Grunde nur durch einen größern Aufwand von Brennstoff möglich, als an sich erforderlich wäre. Dadurch sind aber die unteren längst gahren Steine der beständigen Gefahr des Ueberhitzens preisgegeben, wodurch ihre Güte wesentlich beeinträchtigt wird.

Es bedarf keines weiteren Beweises, daß die gerügten Mängel von dem Principe der Ofenrichtung abhängen und folglich durch eine bessere Ausführung dieses Principes höchstens gemildert, aber nicht gehoben werden können. Solche Verbesserungen bestehen theils in einem solideren Baue des Ofens aus wirklichem Mauerwerke, theils in zweckmäßigeren Dimensionen und Formen des Schachtes, theils in mehr gegen Feuchtigkeit gesicherter Lage und dergl. mehr. Solche Verbesserungen enthält die Abbildung Fig. 9 eines Ofens, wie er bei Braunschweig gebräuchlich. Statt der rohaufgesetzten Mauer hat man hier eine Rauchmauer, die den äußeren Mantel bildet und eine innere Feuermauer in solidem Baue. Das Feuer liegt auf einem Roste der den Aschenfall **a** von dem Feuerraume **b** scheidet. Der Rost ist eigentlich ein durchbrochenes Gewölbe von Backsteinen, dessen obere Ansicht die Fig. 10 zeigt. —

Ein Ofen von der Art der Rodheimer ist ausdrücklich für Holzfeuer berechnet, weil ein dichterer Brennstoff, wie Steinkohle oder Torf, auf der flachen Heerdsohle nicht gehörig Zug empfängt, um mit Vortheil gebrannt zu werden. Bei Torf, der reichlich Asche hinterläßt, ist die Verstopfung noch viel bedeutender. Es werden darum alle Oefen der fraglichen Art, Oefen mit unterbrochenem Gange,

wie man sie nennt, stets mit Rosten versehen, wenn man auf Torf, Stein- oder Braunkohlen angewiesen ist. — Den Oefen mit ununterbrochenem Gange liegt die Idee zu Grunde, jene Hauptübelstände schon von vornherein im Princip auszuschließen. Diese Absicht — wie schon der Name andeutet — giebt sich ebensosehr in dem Gange des Brandes, als in der Bauart oder Construction zu erkennen. Die Fig. 11 stellt einen Ofen mit ununterbrochenem Gange für Steinkohlenfeuer, wie sie überaus häufig angetroffen werden, im senkrechten, Fig. 13, im wagerechten Durchschnitte durch die Ziehöffnungen dar. Der eigentliche Ofenraum stellt einen Schacht von der Gestalt eines umgekehrten Kegels vor, oben weit, unten enger. Ein besonderer Feuerheerd ist nicht vorhanden, denn die Oeffnungen a,a,a, die sich in der vorderen Ansicht, wie Fig. 12, darstellen und deren drei vorhanden sind, dienen nur zum Ziehen der gahren Kalksteine. Man fängt damit an, auf den Boden etwas Holz (nur zum Anzünden), dann eine Schicht Steinkohlen zu legen; darauf wird eine Schicht Kalkstein gebreitet, diese wieder mit Kohlen bedeckt, worauf eine neue Lage Kalkstein folgt u. s. f. lagenweise. Die letzte Schicht Steine ist über der Gicht aufgehäuft, und an dem Einsinken derselben erkennt man das Fortschreiten des Brandes; denn in diesem Falle wird das Einsinken nicht nur von der Volumenverminderung der Steine, sondern auch von dem Abbrennen der Kohlenschichten herrühren. Sobald die oberste Lage bis gegen den Ofenrand eingesunken ist, wird eine neue Gicht aufgegeben, wie man es nennt, d. h., frische Kohlen aufgeschüttet und darauf frische Kalksteine gestürzt. Unterdessen, in Zwischenräumen von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ Stunde, werden die unten auf der Ofensohle angekommenen gahren Gichten durch die Löcher a, a, a gezogen. Je tiefer eine

Gicht im Ofen niedergeht, umsomehr werden ihre Kohlen verzehrt sein und umsoweniger Raum wird sie einnehmen; daher ist die Verjüngung nach unten die angemessenste Form des Schachtes. Was die Regulirung der Hitze betrifft, so hat man es völlig in seiner Gewalt, dadurch, daß man mehr oder weniger starke Kohlengichten bei gleichen Steingichten aufgiebt, dieselbe zu vermindern oder zu steigern. Will man den Zug vermindern, so schließt man die Oeffnungen a,a,a durch Vorstellsteine mehr oder weniger. Bei einem Ofen der obigen Dimensionen wurden in 24 Stunden 500 Cubikfuß, d. h., Kalk, gezogen und 40 Scheffel (= ungefähr 40 Ctr.) Kohlen verbraucht.

Ein anderes Beispiel für den Verbrauch und die Leistung giebt ein Ofen ähnlicher Construction (von Luemschwiller bei Mühlhausen). Er ist 14,4′ hoch, oben 13,6′ breit, unten 4′ im Durchmesser weit und in einem Abstande von 2 Fuß über der Sohle, mit einem Roste versehen. Er faßt 400 Ctr. Kalk, wovon täglich $\frac{1}{3}$ gahr wird. Die gahren Steine werden gezogen, indem man die Roststäbe auseinanderdrückt, um sie durchfallen zu lassen. Eine einzelne Gicht braucht 4 Tage Zeit, um bis zum Roste zu gelangen und besteht aus Kalkstücken von ungefähr 54 Cubikzoll im Mittel. Der Kohlenverbrauch ist beiläufig $\frac{1}{4}$ von dem der Kalksteine.

Aus der Abbildung eines Ofens von etwas anders construirten Ziehöffnungen, Fig. 14, ersieht man deutlich, wie die Kalk- und Kohlengichten aufeinanderfolgen.

Die Steinkohlen sind ein Brennstoff, der sich leicht in kleine und kurze Stücke zertheilen läßt, der als Grubenklein ohnehin in einem zertheilten Zustande ist und mithin seine gehörige Ausbreitung und Vertheilung unter die Kalkgichten bequem macht und

befördert. Auch kommt bei Steinkohlen der Umstand zu Statten, daß sie verhältnißmäßig wenig Asche hinterlassen, die leicht mit den Kalksteinen aus dem Ofen entfernt werden. Diese Verhältnisse gelten nicht mehr, weder für Holz, welches sich nicht gut vertheilen läßt und das regelmäßige Gahren und Niedergehen der Gichten hindert; noch für Torf, der meist soviel Asche hinterläßt, daß dadurch der Ofen Gefahr läuft, verstopft zu werden.

Für die Fälle, wo der Vortheil des ununterbrochenen Betriebes mit der Holz- oder Torffeuerung vereinigt werden soll, erleidet aus diesen Gründen die Ofeneinrichtung eine entsprechende Abänderung. Während der Ofen seinen Charakter als stehender oder Schachtofen völlig beibehält, wird der Brennstoff (anstatt mit dem Kalk abwechselnd aufgegeben zu werden) vielmehr zur Seite des Schachtes in besonderen Feuerheerden verbrannt und die erzeugte Flamme durch den Schacht hindurch geleitet, der nunmehr nichts, als bloße Kalkgichten enthält. Die Anzahl der Feuerungen, die immer symmetrisch um den Umfang des Schachtes vertheilt liegen müssen, richtet sich nach der Größe des Ofens, so daß man drei-, vier-, fünfschürige Oefen ꝛc. unterscheidet. Wie man sieht, ist der Brand in einem solchen Ofen allein bei einem Brennstoffe möglich, der eine lebhafte und lange Flamme giebt, wie Torf, Holz, Steinkohlen; für letztere nicht so vortheilhaft, als die am vorigen Fall entwickelte Einrichtung.

Das schönste Beispiel eines Kalkofens für Holz- und Torffeuer ist der Kalkofen von Rüdersdorf, dem einzigen Ort in der ganzen Ebene um Berlin, wo ein Kalklager angetroffen wird, welches wie eine Insel aus der Tertiärformation hervorragt. Es gehört dem Muschelkalk an und liefert den ganzen Bedarf für die Hauptstadt.

Die Abbildung, Fig. 15, zeigt den senkrechten Durchschnitt durch die Achse des Schachtes, die Figur 16 den wagerechten Schnitt und zwar in der Höhe der Feuerungen, auf der rechten Seite, in der Höhe der Zuglöcher, auf der linken Seite der Theilungslinie.

Nur der innere Theil zwischen den Buchstaben **A A** begriffene gehört wesentlich zum Ofen. Die äußere Umfangsmauer **B B B** bildet mittelst der Gewölbe p, p, p ... Räume, von welchen die in den unteren Stockwerken zum trocknen Aufbewahren des Brennstoffs und Kalkes die im dritten und vierten Stocke zum Uebernachten der fremden Arbeiter ꝛc. dienen.

Der Schacht ist von der Gicht bis zu den Feuerungen 47,7 F. h. (= 38′ rhn.), von da bis zu der Sohle 8,8 Fuß h. (= 7 F. rhn.), also im Ganzen $56\frac{1}{2}$ F. h. (= 45 F. rh.); seine Weite beträgt bei der Gicht $7\frac{1}{2}$ F. h. (= 6 F. rh.) ebensoviel an der Sohle und an der weitesten Stelle 10 F. h. (= 8 F. rh) im Lichten. Er ist inwendig, also an der dem Feuer ausgesetzten Fläche bis auf 40,2 Fuß h. (= 32 F. rhn.) von der Sohle aufwärts mit feuerfesten Steinen d′ ausgekleidet, welche in Absätzen $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Steine stark sind. Diese feuerfeste Schicht ist von der eigentlichen innern Mauer **d d** umgeben, welche oben bei der Gicht bloßliegt. Beide sind endlich von einem Mantel **e e**, aber in einem Zwischenraume von einigen Zollen umgeben. Einen solchen Zwischenraum, hier mit Asche ausgefüllt, nennt man „Füllung." Sie hat den doppelten Zweck: Einmal der Ausdehnung des Kernschachtes im Innern Raum zu geben, welche bei dem vorhandenen Hitzgrade kräftig genug ist, einen festanliegenden Mantel zu sprengen; dann aber auch die Wärme dadurch zusammenzuhalten, daß die darin enthaltene Asche mit der eingeschlossenen Luft (als schlechte Wärme-

leiter) der Hitze den Durchgang verwehrt. Abwechselnd, auf drei Seiten des sechseckigen Ofens, liegen die Feuerungen b b,b,b. Unter einem, wie der Schacht selbst, mit feuerfesten Steinen verkleideten Gewölbe g liegt der Brennstoff auf zwei durchbrochenen Thonplatten, welche zusammen den Rost bilden; in der Mitte, wo beide zusammenstoßen, sind sie von dem Gurtbogen f unterstützt. Eine eiserne Thür schließt den Eingang der Feuerung, wodurch der Brennstoff besser zusammengehalten wird. Der Zug findet durch den Canal h unter die Rostplatten Zutritt. Die Asche sammelt sich in dem Aschenkasten i; soll dieser entleert werden, so zieht man die eiserne Schlußplatte z weg und die Asche fällt von selbst in den Raum E, von wo sie nach dem Erkalten mit Karren abgeholt wird.

Die Oeffnungen a, a zum Ziehen des Kalkes sind, um das Nachfallen zu erleichtern, nach Innen zu erweitert und, um diese sonst beschwerliche Operation noch mehr zu unterstützen, ist die Sohle nach den Oeffnungen zu nicht nur geneigt, sondern auch noch besonders so construirt, daß die Steine von selbst nachsinken Nachdem drei Seiten nämlich, um denen die Ziehöffnungen liegen, bildet die Sohle vom Mittelpuncte aus Einschnitte oder Kerben; diese sind durch ebensoviele Zwischenerhöhungen getrennt, auf welchen, weil sie eine Schneide bilden, die Steine nicht liegen bleiben. Diese werden alle in die Einschnitte und, wegen der Neigung derselben nach außen, auch den Ziehöffnungen zufallen. — Die durch diese Oeffnung eintretende Luft würde eine schädliche Abkühlung hervorbringen, weil der Ofen schon durch die Feuerung hinreichend mit Luft gespeis't wird; sie sind darum mit Eisenplatten verschlossen, die nur im Augenblicke des Ziehens geöffnet werden. — Vor den Ziehöffnungen steigt ein senkrechter Canal k

aufwärts in den äußern Raum **H**; er dient dazu, den Arbeiter gegen die allzuheftige Hitze zu schützen, indem die glühende Luft sogleich, ehe sie jenen trifft, nach **H** aufsteigt.

Während nun am Fuße dieses Ofens ununterbrochen gahre Steine gezogen werden, so wird in der Mitte ohne Unterlaß gefeuert und von der Gicht aus stets frischer Kalkstein aufgegeben. Zu dem Ende ist die Gicht, die mit dem Steinbruche durch eine Eisenbahn in Verbindung steht, mit einer ringförmigen Platte **c** bedeckt und mit einem Geländer eingefriedigt.

Wenn der Ofen zum erstenmale gebraucht und in Stand gesetzt werden soll, so ist ein besonderes Verfahren nöthig. Im Anfange benimmt man sich nämlich gerade so, als ob die Feuerheerde **b,b** gar nicht vorhanden wären, füllt den Schacht bis zur Höhe derselben, also auf 8,8 F. an, und brennt die Steine dadurch, daß man Feuer in den Ziehöffnungen unten anlegt. Sind sie gahr, so füllt man den Schacht vollends aus, indem man die Steine anfangs in Eimern hinabläßt und dann von oben hineinstürzt, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen, zündet das Feuer in den eigentlichen Feuerungen an und fährt dann in der gewöhnlichen Weise fort. Alle 12 Stunden wird nun Kalk gezogen und zwar 20 bis 24 Tonnen pr. auf einmal, was ohngefähr 60 bis 70 Ctr. h. entspricht. — Man sieht hieraus, daß die Benennung dieser Oefen mit „ununterbrochenem Gang" eine uneigentliche ist, insofern das Ziehen stets in Perioden (bei den Rüdersdörfer Oefen in 12stündigen) vor sich geht. Man würde die Kalköfen treffender eintheilen in solche, die zum Behufe des Ziehens kalt werden müssen, und in solche, die heiß bleiben und fortarbeiten können.

Bei Rüdersdorf sind im Ganzen zwei dreischürige Oefen, ein vierschüriger, welcher 2600 C. F. und ein fünfschüriger, welcher 3000 C. F. Kalk faßt. Der vierschürige gab in 12 Stunden 60 bis 75 Ctr. gahren Kalk; er braucht also mehr Brennstoff, als der vierschürige, der ebensoviel Kalk liefert.

Im Jahre 1829, um ein Beispiel anzuführen, sind dort aus 26,496 C. F. h. Kalkstein 19,196 C. F. gebrannten Kalks erzeugt worden, was 72 Procent des Volumens entspricht; dabei gingen auf: 460 Stecken Holz zum Anfeuern und 547,560 C. F. Torf zum Brennen.

Nach einem Versuche, der besonders dazu angestellt wurde, lieferte der Rüdersdorfer Kalkstein 52 Procent gebrannten Kalk dem Gewichte nach.

Ganz reiner trockner kohlensaurer Kalk verliert 44 Gewichtstheile Kohlensäure bei'm Brennen und liefert 56 Th. Aetzkalk (Ca. O.). In der Praxis ist die Ausbeute theils viel geringer, wenn der Kalk sehr feucht ist; theils auch größer, wenn er viel thonige Theile enthält, die gar nichts im Feuer verlieren. Im Allgemeinen lassen sich für die Grenzen der Ausbeute 45 bis 77 Procent und für den gewöhnlichen Betrag derselben 54 Proc. veranschlagen. Die Schwindung ist nicht so beträchtlich, als man dabei erwarten sollte, weil der gebrannte Kalk sehr locker und porös bleibt. Das specifische Gewicht des Kalksteins vermindert sich um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ bei'm Brennen, wobei sich die Abnahme des Volumens auf 10 bis 20 Procent beläuft. Triest fand bei einem besonders angestellten Versuche das Gewicht eines soliden C.F. h. Rüdersdorfer Kalkstein = 93 Pfd., nach dem Brennen = 48 Pfd., woraus sich der Verlust = 45 Pfd. oder 48 Procent ergiebt. Es nehmen, um ein anderes Beispiel zu geben, 100 Pfd. Rodheimer Kalk frisch 209, gebrannt (wo sie nur noch 60 Pfd. wie-

gen) 183 Raumtheile ein, schwinden folglich um $12\frac{1}{2}$ Procent.

Neben dem „Stückkalk" geben die Oefen stets etwas Abfälle als „Mehlkalk", welcher theils vom Splittern der Steine im Feuer, theils vom Zerreiben bei der Beschickung und bei'm Ziehen herrührt

Einfluß des Wasserdampfes im Ofen. Nach einer alten Erfahrung der Kalkbrenner sollen sich feuchte Kalksteine viel leichter brennen, als trokkene. Diese Erfahrung, die so eingewurzelt ist bei denselben, daß sie lieber erdfeuchte Steine brennen, als trockene, oder die trockenen zuvor besprengen, enthält allerdings eine Wahrheit, die aber von der Praxis vielfach mißverstanden wird. Um von vornherein auf den richtigen Gesichtspunct zu kommen, muß man sich den bekannten Satz vergegenwärtigen, wonach ein Gas oder ein Dampf einen gegebenen Raum (wenn auch nicht ganz so rasch, aber doch) in demselben Maße erfüllt, gleichviel, ob jener Raum vorhin gänzlich leer, oder bereits mit einem andern (nur nicht von demselben) Gas erfüllt war; denn verschiedenartige Gase haben ein so kräftiges Bestreben, einander gleichmäßig zu durchdringen, daß dadurch oft ein nicht unbedeutender Widerstand überwunden wird. Wasser, z. B, verdunstet in trockner Luft nicht schwieriger, als in dem leeren Raume; dagegen ist es ein Hinderniß für die weitere Verdunstung, wenn der leere Raum, oder die Luft über dem Wasserspiegel schon Wasserdampf enthält. Inwiefern dieser Grundsatz bei'm Kalkbrennen Geltung hat, ist von Gay-Lussac auf eine sehr anschauliche Weise zur Erkenntniß gebracht worden. Dieser treffliche Beobachter brachte Marmorstücke in eine Röhre, welche so in einen Ofen eingesetzt war, daß sich die Temperatur leicht und sicher reguliren ließ. Das eine Ende des Rohres war mit einer Vorrich-

tung zur Entwickelung von Wasserdampf, das entgegengesetzte mit einer solchen zum Auffangen der Kohlensäure bestimmt. Die Temperatur wurde anfangs so hoch gesteigert, bis sich der Marmor stark zu zersetzen anfing, dann aber durch Sperrung des Zuges bis zur Dunkelrothglühhitze sinken gelassen, so daß alle Entwickelung von Kohlensäure aufhörte. Als man nun in diesem Zeitpuncte auf einmal Wasserdampf über den dunkelrothglühenden Kalk streichen ließ, erschien die Kohlensäure sogleich wieder in Menge und blieb unter diesen Umständen ganz vom Dampfstrom abhängig. Sie stockte bei'm Absperren und begann wieder mit dem Zulassen des Dampfes, nach dem Belieben desjenigen, der den Versuch leitete. Es ergiebt sich daraus auf's Entschiedenste, daß die Zersetzung des Kalkes unter dem Einflusse des Wasserdampfes bei einem geringeren Hitzgrade vor sich geht, als der gewöhnliche. Ganz dasselbe findet aber auch Statt, wenn man den Dampfstrom durch einen Luftstrom ersetzt; folglich ist die Wirkung des Dampfes nur eine mechanische, welche darauf hinausläuft, um die Kalkstücke herum eine Atmosphäre zu bilden, welche kohlensäureleer ist, und sich folglich in Bezug auf die Aufnahme von Kohlensäure ganz verhält, wie ein leerer Raum. In dem einen Falle hat die sich entwickelnde Kohlensäure einen Druck gegen die bereits gasförmige zu überwinden, der völlig wegfällt, wenn der Raum um die Kalksteine gar nicht, oder mit einem verschiedenartigen Gas erfüllt ist.

Wenn es nun auf der einen Seite auch gewiß ist, daß die Kalksteine unter dem Einflusse des Dampfes leichter gahren, so ist dennoch sehr in Zweifel zu ziehen, ob das Brennen von feuchten Steinen einen wirklichen Vortheil gewährt. Denn feuchte Steine in den Ofen zu bringen, heißt noch lange nicht

rothglühende Steine der Einwirkung eines Dampfstromes aussetzen, weil bei weitem der größte Theil des Wassers schon nutzlos (also mit Brennstoffverlust) ausgetrieben sein wird, ehe die Steine zum Glühen kommen. Nur von dem geringen Rückhalte von Feuchtigkeit, welche dicke Kalkstücke noch im Innern enthalten, wenn sie äußerlich glühend sind, könnte allenfalls ein Erfolg angenommen werden. Bei den Oefen mit ununterbrochenem Gange wäre es wohl denkbar, den aus den frischaufgegebenen Gichten entweichenden Wasserdampf (der doch unter Wärmeentziehung weggeht) durch die in der Gahre begriffenen Gichten hindurchzuleiten. Allein alsdann mußte der ganze Gang des Ofens in seiner Richtung umgekehrt werden; man mußte also die Feuerungen des Rüdersdörfer Ofens, z. B., oben unter die Gicht verlegen und den Zug mittelst eines besonderen Camins von Oben nach Unten führen. Die Temperaturerniedrigung, die die Anwendung des Wasserdampfes erlaubt, ist aber gering und vielleicht zu unbedeutend, um eine umständliche Berücksichtigung zu lohnen. Doch verdienten Versuche im Großen zur Erledigung dieser Frage unternommen zu werden.

Daß die Flamme, d. h., der aus dem Brennstoffe sich entwickelnde brennende Gasstrom, die Luft oder den Wasserdampf nur schlecht ersetzen kann, ist aus dem Kohlensäuregehalte derselben von selbst klar. Indessen sind einige Oefen, z. B., der der Fig. 15, mit einem besonderen Canale **c** versehen, durch welchen man zu dem entwickelten Zwecke einen Luftstrom einleiten kann.

Der gebrannte Kalk. — Um nach diesen Betrachtungen wieder den eigentlichen Faden aufzunehmen, ist es an der Zeit, einen Blick auf die chemischen Veränderungen zu werfen, welche die Kalksteine, die also nicht reiner kohlensaurer Kalk sind,

im Feuer erfahren. Alle übrigen kohlensauren Salze verlieren ebenso ihre Kohlensäure wie der Kalk, die Bittererde bleibt rein zurück, während sich das Mangan und Eisenoxydul sogleich höher oxydiren. Das Wasser wird einfach ausgetrieben, die bituminösen, organischen Theile verbrannt. Dagegen findet eine wichtige Wechselwirkung zwischen der Kieselerde, sowohl der freien als der an Thonerde gebundenen und dem Kalke Statt. Der Kalk, einmal ätzend geworden, verbindet sich nämlich bei der Glühhitze mit der freien Kieselerde, oder zersetzt das Thonerdesilicat dadurch, daß er sich in diese Verbindung, ein Thonerde-Kalksilicat bildend, einschiebt; er wirkt, wie man sagt, aufschließend darauf. Es kann nach diesem Verhalten nicht auffallen, daß die fremden Gemengtheile einen Einfluß auf die Beschaffenheit des gebrannten Kalkes geltend machen. Bei den reinen Kalken, die wenig fremde Theile enthalten, ist dieser Einfluß verschwindend. Berthier hatte einige Kalksteine zur Vergleichung nach dem Brennen untersucht. Da der Thon und die Kieselerde in diesen Beispielen in den Hintergrund treten, so zeigen sie um so deutlicher den Einfluß der Bittererde, wie folgende Zusammenstellung veranschaulicht, wobei von den gewöhnlichen Bestandtheilen abgesehen ist:

Ordnungsnummer .	1	2	*	*	5	6	7	8
Die frischen Steine enthalten:								
Kohlensauren Kalk	97'0	98,5	95,0	95,0	94,0	87,2	74,5	60,9
„ Bittererde	2,0	0,0	2,0	1,3	1,6	10,0	23,0	30,3
Die frischen Steine enthalten:								
Kalk	96,4	97,2	95,4	93,5	91,6	86,0	78,0	60,0
Bittererde . . .	1,8	0,0	1,0	1,0	1,5	9,0	20,0	26,2
Beschaffenheit ders.	sehr fett.	sehr fett.	sehr fett.	fett.	fett.	mittelm. f	mager.	sehr mager.

Anmerkung. Alle übrigen, mit Ausnahme der beiden mit * bezeichneten Arten, sind in der Tafel weiter oben bereits unter gleicher Ordnungsnummer aufgeführt.

Man sieht hieraus, wie die Bittererde bei einem Gehalte von 10 Proc. anfängt, die Erhitzung des Kalkes und seine Fähigkeit beim Löschen, einen zarten, geschmeidigen Brei zu bilden, merklich herabzustimmen, d. h. ihn mager zu machen. Beträgt die Bittererde mehr als $\frac{1}{3}$, so steigt die magere Beschaffenheit bis zur Unbrauchbarkeit. — Die Beschaffenheit der Kalksteine hängt nicht lediglich von deren Einmengungen ab, sondern auch von der Leitung des Brandes; während nämlich ein Theil der Steine die rechte Hitze beim Löschen zeigt und leicht zerfällt, so finden sich hier und da einige träge, auf die das Wasser langsam oder gar nicht einwirkt. Man sagt dann, sie seien „todt gebrannt". Der Ursachen dieser Erscheinung sind mehre. Entweder waren die Steine zu wenig erhitzt und haben keine oder nicht alle Kohlensäure verloren, oder es hat sich durch zu kurze oder zu gelinde Einwirkung auf die einzelnen Kalkstücke halbkohlensaurer Kalk gebildet. Diese Verbindung hat die Eigenschaft, sich nicht zu löschen, d. h. nicht zu zerfallen, sondern im Gegentheil sich mit dem Wasser unter Erhärtung zu verbinden. Fuchs hat von dem halbkohlensauren Kalke beobachtet, daß er nach dem völligen Brennen, wo er alle Kohlensäure verloren hat, zuweilen, aber nicht immer, das Wasser sehr langsam und ohne Temperaturerhöhung anzieht, sich also todtgebrannt verhält. Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt. Ein dritter Grund des Todtbrennens der gewöhnlichen Kalksteine ist, daß der Kalk, der mit dem thonigen Bestandtheile ein Silicat bildet, äußerlich zu einer dichten Hülle zusammensintert, welche das Entweichen der Koh-

lensäure aus dem Innern verhindert, so daß ein roher Kern bleibt. Dieß ist, was man am häufigsten unter todtgebrannt versteht.

Es ist einigermaßen wahrscheinlich, daß im Obigen die Erklärung einer Erfahrung liegt, die man mit der Austermuschelschale gemacht hat. Diese Schalen, obgleich sie reinen kohlensauren Kalk ohne fremde mineralische Theile enthalten, erfordern bekanntlich eine höhere Temperatur zum Brennen, als gewöhnlicher Kalk und haben eine große Neigung, einen schlechtlöschenden, magern Kalk zu bilden. Die Gallerte der Schalen bildet eine schwerverbrennliche Kohle, die im Inneren der kalkigen Masse lange zurückgehalten wird, während sich der Kalk brennt. Wird aber gebrannter Kalk eine Zeitlang mit Kohle geglüht, so entsteht, nach Fuchs, jenes halbkohlensaure Salz ebenfalls.

Die damit in Beziehung stehenden Erscheinungen werden bei den hydraulischen Kalken in nähere Erörterung gezogen werden.

Das Löschen. — Der gebrannte Kalk ist weißgrau oder schmutzigweiß, selten rein weiß von Farbe, ist viel weicher als frischer Kalkstein, aber noch hinreichend fest, um sich ohne Zerbröckeln transportiren zu lassen. Die krystallinische Beschaffenheit mancher Kalke ist nach dem Brennen noch erkennbar. Er ist leicht und im hohen Grade porös. In Folge dieser Porosität saugt der gebrannte Kalk das Wasser (ungefähr 18 Proc.) mit Heftigkeit ein, wobei die in den Zwischenräumen befindliche Luft mit Geräusch vertrieben wird. Nach wenigen Minuten, bei magerem Kalke oft viel später, bemerkt man, daß der voll Wasser gesogene Kalk sich erwärmt; die Bindung des Wassers geht von diesem Augenblicke an vor sich. Man sieht die Kalkstücke unter Knistern zerspringen, sich abblättern; die Bruchstücke und Blät-

ter zerfallen unter Ausstoßung von Dampf weiter und weiter, bis endlich das Ganze, unter bedeutender Vermehrung seines Umfanges, eine gleichförmige Masse eines schneeweißen, feuchten, zarten Pulvers, d. h., Kalkhydrat bildet. Bei'm Bauwesen pflegt man den Kalk in den „Löschkasten", d. h., in flache, mit einer Schütze zum Ablassen versehene Kasten aus Bohlen zu bringen und soviel Wasser zuzugießen, daß die Kalksteine zum Theil eingetaucht sind. Während des Löschens geräth unter solchen Umständen das überschüssige Wasser in lebhaftes Sieden, während der Arbeiter vermittelst der Löschstücke den zerfallenden Kalk gleichmäßig mit dem Wasser zu mengen sucht. Wenn der Wasserzusatz richtig getroffen war, so muß ein gleichmäßiger steifer Brei entstehen. Bei der Bildung von Kalkhydrat nehmen 100 Theile reiner Kalk 32 Theile Wasser, also nahe $\frac{1}{3}$ auf.

Als nächste Ursache der bedeutenden Wärmeentwickelung bietet sich der Uebergang des flüssigen Wassers in festes dar, insofern das Kalkhydrat als eine feste Verbindung jedenfalls das Wasser auch in diesem Zustande enthalten muß. Gesetzt, man habe 3 Pfund gelöscht, so werden diese 1 Pfund Wasser (von 0° C. z. B.) binden und folglich in festen Zustand überführen. Bei diesem Uebergange wird eine Menge Wärme frei, welche hinreicht, 0,79 oder $\frac{4}{5}$ Pfund Wasser zum Sieden zu bringen. In der Praxis ist aber die Wärmeentwickelung viel bedeutender, denn es tritt bekanntlich noch Siedhitze ein, wenn man den Kalk mit der dreifachen Menge Wasser übergießt. Es ist mithin der Uebergang des Wassers in den festen Zustand keineswegs die einzige Ursache der Wärmeentwickelung, welche mehr in der Aeußerung chemischer Thätigkeit überhaupt gesucht werden muß. Der deutlichste Beweis dafür liegt darin, daß sich der Kalk auch mit Schnee oder Eis

erhitzt. — Wenn man einen großen Ueberschuß von Wasser nimmt, so wird sich die entwickelte Wärme mehr vertheilen und weniger intensiv werden, sie ist bedeutender bei geringerem Zusatze und erreicht ihren Höhepunct, wenn man gerade soviel zufügt, als gebunden wird. Es ist beobachtet worden, daß alsdann die Hitze bis zur Entzündung von Schwefel und Schießpulver, ja selbst von Holz steigt. Befeuchtet man den Kalk mit wenig Wasser im Dunkeln, so wird er glühend und leuchtet lebhaft; in diesem Falle hält der umgebende, sich nicht löschende Kalk die Hitze zusammen. Im Allgemeinen ist die Hitze um so bedeutender, je rascher sich der Kalk löscht, d. h., je reiner und je besser er gebrannt ist. — Wegen ihres Einflusses auf die Güte des Kalkes muß die Temperaturerhöhung stets beachtet und durch den richtigen Wasserzusatz im Zaum gehalten werden; wenn man den Kalk nämlich nur durch soviel Wasser löscht, als er aufzusaugen vermag, so bildet er kein zartes, sondern ein sandiges (grobkrystallinisches) Pulver, er ist „verbrannt", d. h., durch Löschen mager geworden. Es hat also seinen guten Grund, daß die Maurer den Kalk nicht zu Pulver, sondern gleich zu Brei löschen. Man bedarf dazu etwas mehr als 3 Theile Wasser. Bei einem Versuche gaben $83\frac{1}{2}$ Pfd. Rüdersdorfer gebrannter Kalk durch Löschen 281 Pfd. steifen Brei und hatten folglich $197\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser oder ihr 2,4 Gewicht aufgenommen. Sein Volum wurde dabei auf's $3\frac{1}{2}$fache vermehrt, eine Größe, die zuweilen auf $3\frac{1}{5}$ fällt, oft auf $3\frac{3}{5}$ steigt. Diese Volumvermehrung, in der Kunstsprache das „Gedeihen, Wachsen" genannt, hängt ebenso sehr von der Art zu löschen, als von der Reinheit des Kalkes ab. Wird der Kalk z. B. nur kurze Zeit in einem Korbe untergetaucht, so daß er sich zu Pulver löscht, und dieses nachher mit mehr

Wasser zu Teig angemacht, so ist die Vermehrung nur $2\frac{1}{2}$ Volum; ist der Kalk vorher an der Luft zerfallen und dann zu Brei gelöscht, so giebt er nur 1,7 Volum.

Der Luft ausgesetzt, zerfällt gebrannter Kalk sehr langsam und ohne alle Erhitzung nicht wie gewöhnlich zu einem feinen, sondern einem rauh anzufühlenden, groben, mit kleinen eckigen, ziemlich starken Stücken untermischten Pulver, welches mit Säuren stark aufbrauf't. Der Kalk verwandelt sich dabei nie in reinen kohlensauren Kalk, selbst nach 3 Jahren nicht, sondern wird unter gleichzeitiger Anziehung von Kohlensäure und Wasser zu der obenerwähnten Doppelverbindung, von welcher Fuchs gezeigt hat, daß sie aus gleichen Aequivalenten kohlensaurem Kalk und Kalkhydrat besteht. Die Bildung dieses Salzes dauert lange, erst nach 3 Monaten hört der Kalk auf, Wasser und Kohlensäure zu absorbiren. Wenn die Feuchtigkeit gänzlich ausgeschlossen ist, wenn man also trocknen Kalk auf trockne Kohlensäure wirken läßt, so wird selbst nach 8 Tagen keine Kohlensäure absorbirt. Es scheint daher die Bildung von kohlensaurem Kalke nur durch Zersetzung von Kalkhydrat vor sich zu gehen, bis ein Gleichgewichtspunct zwischen der Anziehung des Wassers und der Säure zum Kalk eingetreten ist.

Da man bei'm Bauen genöthigt ist, Kalk vorräthig zu löschen, so pflegt man ihn gegen den Einfluß der Atmosphäre, welche ihn für die Anwendung zu Mörtel unbrauchbar macht, durch „Einsumpfen" zu schützen. Der Löschkasten befindet sich nämlich vor einer Grube, in welchen man den gelöschten und zu Brei zergangenen Kalk hineinlaufen läßt, bis sie angefüllt ist. In dieser Grube wird der Kalk nach einiger Zeit noch fetter, zäher und speckiger, indem sich die trägeren Theile und was sonst noch entgan-

gen ist, nachlöschen. Das überschüssige Wasser sammelt sich oben an und kann abgenommen werden, worauf man die Grube unmittelbar einige Zoll dick mit Sand bedeckt. Auf diese Art hält sich der Kalk gänzlich unverändert. Als man, wie Jahn berichtet, in den Ruinen des Schlosses Landsberg im Meiningenschen aufräumte, um den Grund zu einem Neubau zu legen, fand sich unter einem Gewölbe eine noch gefüllte Kalkgrube von beträchtlichem Umfange. Die Oberfläche dieser Kalkmasse war mehre Zoll tief kohlensauer geworden, alles Uebrige war dagegen in dem Zustande des frisch gelöschten Kalkes, nur etwas trockner. Es wurde denn auch dieser über 300 Jahre alte Fund, dessen Werth mehre 100 Gulden betrug, sofort in die Mauer des Neubaues verarbeitet.

Bekanntlich lös't sich der gelöschte Kalk bemerklich in Wasser, und zwar erfordert 1 Th. Kalk 778 Th. Wasser von 15,6° C. Die Löslichkeit nimmt mit steigender Temperatur des Wassers ab, so daß schon für dieselbe Kalkmenge 1280 Theile siedendes Wasser erforderlich sind. Gelöschter Kalk als Brei ist demnach Kalkhydrat mit Kalkwasser, d. h., Kalklösung, gemengt. Die Kalkmilch enthält soviel von letzterem, daß das Ganze flüssig bleibt. Das Kalkwasser hat eine starke alkalische Reaction; man hat bemerkt, wenn man mit demselben Kalke mehre Quantitäten Wasser nacheinander sättigt, daß alsdann das erste Kalkwasser viel stärker alkalisch reagirt, als die folgenden. Die meisten Kalksteine enthalten nämlich Chlornatrium und kieselsaures Alkali. Diese Salze werden durch den Einfluß des Aetzkalkes zerlegt; es bildet sich Aetznatron und Aetzkali, welche (bei Steinkohlenbrand) theils schweflige Säure aufnehmen und an der Luft dann zu Schwefelsäure werden, theils Kohlensäure, um kohlensaure Alkalien zu werden. In Berührung mit Wasser entsteht aus den letzteren

wieder Aetzkali. Es ist dieß für die meisten Verwendungen des Kalkes wichtig zu wissen.

Vom Luftmörtel. — Es ist bekanntlich ein Gemisch von Brei aus gelöschtem Kalk mit Sand, welches die Eigenschaft besitzt, in dünnen Lagen zwischen Mauersteine gebracht, nach und nach zur Festigkeit des Kalksteines zu erhärten und dadurch die Steine fest zusammenzukitten. Um die Grundsätze zu verstehen, von denen die richtige Mischung des Mörtels abhängt, ist es nöthig, sich zuerst mit einigen Erfahrungen vertraut zu machen, die hier von dem größtem Einflusse sind.

Bloßer Kalkbrei ohne allen Zusatz erhärtet zwar ebenfalls, aber nur zu einer mürben Masse von geringem Zusammenhange, welche unfähig ist, die Theile eines Mauerwerkes gehörig zu verbinden. Nur dann allein, wenn die Kalklage eine sehr dünne Schicht bildet, z. B. zwischen zwei abgeschliffenen Steinen, kann allenfalls eine feste Verbindung eintreten. Man muß den Kalk verhindern, irgendwo Massen, wenn auch nur von einiger Dicke, zu bilden, die in sich wenig Zusammenhang haben. Man muß im Gegentheil, weil der Kalk nur gegen die fremdartige Steinoberfläche festhaftet, diese Oberfläche durch Einmengen von einem körnigen Steinpulver vermehren. Dieß führt von selbst auf die Bedeutung des Sandzusatzes im Mörtel, welche allein eine vermehrte Berührung zwischen der Steinfläche und dem Kalke zum Zwecke hat. Die Gestalt der Backsteine und behauenen Steine ist stets so unregelmäßig, daß bei'm Aufeinanderlegen wenigstens linienweite, bei Bruchsteinen sogar zollweite Fugen bleiben. Kalk für sich, zwischen diese Fugen gebracht, würde daher linien- oder zollstarke Massen bilden, die nicht binden können. Wenn man aber dem Kalke ein sandiges Pulver irgend eines Steines untermengt, so hat man dadurch

offenbar die Kalkmasse in eine große Anzahl dünne Schichten zertheilt oder eigentlich in Zwischenräume des Sandes gewiesen, wo er überall Anhaftungsfläche findet, um zu binden und die Bindung von Sandkorn zu Sandkorn auf den Stein zu übertragen.

Ferner ist es bekannt, daß selbst der beste Mörtel, wenn er rasch, z. B. auf dem Ofen 2c., getrocknet wird, gar nicht erhärtet, sondern zerreiblich und locker bleibt. Wenn also auch der Luftmörtel, unter Wasser getaucht, lose bleibt und nicht bindet, so gehört doch zum Erhärten in der Luft nothwendig die Vermittelung der Feuchtigkeit. Endlich, wie sich von selber versteht, ist der freie Zutritt der Luft unumgänglich.

Wenn diese Rücksichten im Auge behalten werden, so ergeben sich die nächsten Regeln von selbst. Wenn auch andere Steinarten, z. B. Kalkstein vom Korn des Sandes, zu Mörtel tauglich sind, so wird man doch stets den Quarzsand als das Näherliegende wählen; aber das Korn ist nicht gleichgültig. Mit ganz feinem Sande wird der Mörtel zu dicht und der Luftzutritt zu sehr gehindert; Sand von linsengroßem Korn (besonders wenn es eckig und scharf) ist noch vollkommen brauchbar; bei ganz grobem Sand oder Grand sind die Zwischenräume zu groß, um allein mit Kalk gefüllt zu bleiben. Es ist dann am zweckentsprechendsten, besonders wenn mit unregelmäßigen Bruchsteinen gemauert wird, den Sandzusatz von zweierlei Korn zu gleicher Zeit, also Sand mit Kies oder Grand, anzuwenden. Nur wenn der Mörtel dazu bestimmt ist, als dünne Schicht die Oberfläche der Wände zu bekleiden, muß feiner Sand genommen werden. Je eckiger und je weniger abgerundet die Sandkörner sind, desto besser ist es. Von großer Wichtigkeit ist das richtige Verhältniß zwischen Kalk und Sand, und es hängt davon die Güte und

Festigkeit des Mörtels mehr als von jedem anderen Umstande ab. Fehler gegen ein gutes Mischungsverhältniß werden auch durch die Zeit nie verbessert.

Im Allgemeinen soll der Kalk hinreichend sein, alle Sandkörner aneinander zu kitten, dabei aber zwischen den Sandkörnern auf die möglichst geringste Masse beschränkt bleiben. Es soll also nur soviel Kalk genommen werden, als nöthig, die Oberfläche der Sandkörner zu überziehen, oder soviel, daß der Kalk als feuchter Brei die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern erfüllt. Diese Regel ließe sich auch dahin fassen, daß man für eine gegebene Menge Sand nicht mehr nehmen soll, als jener, ohne sein Volum zu vermehren, in sich aufnehmen kann. In der Ausübung pflegt man auf 1 C.=F. steifen Kalkbrei 3 bis 4 C.=F. Sand (ungefähr 6 Theile dem Gewichte nach) zuzusetzen, wenn der Kalk fett oder sehr fett ist; magerer Kalk, den man gewissermaßen als schon mit einem Theile Sand versetzt betrachten kann, verträgt nur 1 bis $2\frac{1}{2}$ C.=F. Sand. Der Sand soll rein, d. h. nicht zu eisenschüssig, noch zu thonig, am wenigsten aber, wie Dammererde, mit Humustheilen vermengt sein.

Wenn auch der Luftmörtel schon nach einigen Tagen oder wenigen Wochen hinreichend anzieht, um einer Mauer Widerstand gegen Druck u. dergl. zu verleihen, so schreitet doch die Erhärtung so langsam und nur so allmälig fort, daß sie ihren Höhenpunct — wo die Masse einer Mauer sich wie aus einem Steinstücke verhält — nicht nach Jahren, sondern erst nach Jahrhunderten erreicht. Die scheinbar so überwiegende Güte des Mörtels der alten gegen den der neueren Bauten beruht lediglich in dem beträchtlichen Vorsprunge an Erhärtungszeit zu Gunsten der ersteren; um so gewisser, da sich kein wesentlicher Unterschied in der Mischung oder den

Bestandtheilen nachweisen läßt. Wenn man also auf der einen Seite sieht, daß alte Bauwerke nur mit Pulver gesprengt werden können; wenn man sieht, daß durch die Gewalt des Pulvers von einem Thurme des Heidelberger Schlosses eine Hälfte abgesprengt und ungeborsten auf der Erde liegt: so darf man nicht vergessen, daß bei anderen Bauten sehr entschieden das Gegentheil Statt findet, und nur eben das Feste und Dauerhafte der Zeit getrotzt hat, während das Schwache und Unhaltbare längst untergegangen. Ebenso wahrscheinlich ist es nun, daß unser Zeitalter in einer späteren Zukunft gerade so ein Muster des soliden Baues sein wird, als es das Mittelalter und die Griechen und Römer für die Jetztzeit sind.

Die Erhärtung des Mörtels durch den Einfluß der Luft ist eine nicht so leicht zu erklärende Sache, als auf den ersten Blick scheinen dürfte. Man hat sogar darüber gestritten, ob sie eine Folge bloß physikalischer (mechanischer) oder ob allein chemischer Erscheinungen sei. Jedenfalls haben beiderlei Erscheinungen zugleich Antheil.

Die Umwandlung des Kalkes in kohlensauren Kalk, schlechthin, kann nicht die Hauptursache der Erhärtung sein; denn erstens zieht der Kalk (wie oben schon erörtert) an der Luft nur die Hälfte Kohlensäure an, und zweitens ist es bekannt, daß selbst bei den festesten Mauern der Kalk im Innern noch kaustisch, d. h. kohlensäurefrei ist. —

Ohne Zweifel hängt die Erhärtung des Mörtels auch noch von anderen als chemischen Ursachen ab. Dahin gehört die Krystallisation des Kalkhydrats. Man muß sich erinnern, daß die Feuchtigkeit des frischen Mörtels nicht bloßes Wasser, sondern eine Kalklösung ist. Mit dem Austrocknen, also Verdunsten des Wassers, legt sich der gelöst'te

Kalk nach und nach in sehr kleinen Krystallen an die Umgebung an. Diese Krystalle sind zwar spröde, so daß sie bei'm Biegen leicht zersplittern; sie vermögen aber einer Kraft, welche ausschließlich zerreißend wirkt, einen ungleich kräftigeren Widerstand zu bieten. Sind also die Oberflächen, woran solche Kalkkrystalle anhaften, sehr genähert, so wird eine Kraft, die zu trennen strebt, an einem kurzen Hebel thätig sein und folglich mehr in einer Richtung jene Krystalle zu zerbrechen streben, in der sie gerade den größten Widerstand leisten. — Da, wo die Feuchtigkeit des Mörtels mit der Luft zusammenkommt, also nach Außen zu, wird die Kohlensäure den Kalk daraus niederschlagen, und zwar ebenfalls in kleinen Krystallen, mit denen es sich ähnlich verhält. Das Wasser nimmt neuen Kalk, führt diesen ebenfalls der Kohlensäure zu u. s. f., solange noch Feuchtigkeit vorhanden ist.

Alles zusammengefaßt, ist es am wahrscheinlichsten, daß die Erhärtung keiner Ursache ausschließend zukommt, sondern von allen zugleich bedingt wird, aber so, daß die Kalksilicatbildung und die Krystallisation das anhaltende Festwerden und Versteinern, die Anziehung der Kohlensäure dagegen das schnelle Erstarren bewirkt.

Feuchtwerden und Auswitterungen des erhärtenden Mörtels. — Bei dem Anziehen der Kohlensäure wird ein äquivalenter Theil Wasser aus dem Kalkhydrat abgeschieden, welcher zur Feuchtigkeit der Wände neubewohnter Zimmer und Häuser Vieles beiträgt. Die □Klafter zollstarker Kalkmörtelverputz wiegt über 3 Ctr. und enthält 13 Pfd. Kalk, an welche zwischen 4 und 5 Pfd. Wasser gebunden sind. Bei einem Zimmer von 10 Klaftern Verputzoberfläche macht dieß schon 40 und etliche Pfund aus.

Schon vor Jahren ist (von Guyton u. Carny) eine Methode, Soda aus Kalk und Kochsalz zu machen, angewendet worden, wonach man beide mengt und eine Zeitlang liegen läßt, bis sich Auswitterungen von kohlensaurem Natron zeigen. Dieser Vorgang, wenn auch zu schleppend und für die Sodafabrication nicht brauchbar, zeigt doch, daß man den Kalk oder Mörtel nicht mit Wasser anmachen darf, welches Kochsalz enthält, am wenigsten mit Seewasser, weil dadurch nicht bloß kohlensaures Natron, sondern auch Chlorcalcium entsteht; dieses zerfließliche Salz macht die Wände und Mauern feucht und bewirkt Lockerheit. — Wenn stickstoffhaltige Substanzen (Urin ꝛc.) an Mauern in Fäulniß übergehen, so leitet die Gegenwart des Kalkes im Mörtel leicht eine Salpeterbildung ein. Man sieht alsdann bei diesem Mauerfraß den halbverfaulten Kalk als weißen Krystallausflug ausblühen. Sehr gröblich würde man sich aber täuschen, wollte man jede Ausblühung an Mauern für die Folge des Mauerfraßes (der Salpeterbildung) halten. Selbst bei noch im Bau begriffenen Gebäuden, wo also von etwas der Art nicht die Rede sein kann, sieht man häufig im Frühjahre an den Mörtelfugen weiße, mehlige, oft krystallinische Anflüge zum Vorschein kommen; Vogel hat solche Anflüge untersucht, welche Klenze an der Glyptothek und anderen Neubauten in München gesammelt hatte. Auch Kuhlmann hat diesem Gegenstand in Flandern ein umfassenderes Studium gewidmet, wodurch eine Menge interessanter Thatsachen entdeckt und die Ergebnisse von Vogel's Untersuchung bestätigt wurden. Nach beiden Beobachtern bestehen nun jene Anflüge aus schwefelsaurem Natron, kohlensaurem Natron, Chlornatrium, kohlensaurem Kali und Chlorkalium. Sie entstehen ebensogut in Mauern

aus Sandstein, als in Backsteinmauern, und stammen folglich nicht von den Steinen her, ebensowenig (wie Kuhlmann bewiesen hat) aus dem Sande, noch von dem Brennmaterial, womit man die Steine und den Kalk gebrannt hat. Die einzige Quelle dieser Alkalien sind vielmehr die Kalksteine selbst; es ließe sich vermuthen, daß das Alkali aus der Asche der Brennstoffe an die Kalksteine übergeht; allein in geschlossenen Gefäßen gebrannt, zeigen die letzteren ebensogut einen Alkaligehalt.

Vom hydraulischen Kalk. — Bei der Analyse der Luftkalke ist schon hervorgehoben worden, daß die Kalke durch ihren Gehalt an Kieselerde oder Silicaten, wenn derselbe ungefähr 10 Procent erreicht, andere Eigenschaften annehmen und die Fähigkeit erlangen, nach dem Brennen mit Wasser sich zwar träge und mager zu löschen, aber mit dem Wasser zu einem Teige angemacht, alsbald fest werden, und in diesem Zustande unter dem fortgesetzten Einflusse des Wassers einen bedeutenden Zusammenhang und steinartige Härte erlangen, ohne davon später wieder aufgelockert oder angefressen zu werden. Sie sind darum für den Wasserbau ein unschätzbares Material und werden sehr passend „hydraulisch" (von hydor, das Wasser) genannt. Da die hydraulische Eigenschaft ein rein chemischer Vorgang ist, so kann derselbe nur aus rein chemischem Bestande der Steine erklärt und begriffen werden. Man muß sich also vor Allem mit diesen Verhältnissen vertraut machen. Die nachstehenden sind die Ergebnisse von Berthier's und die letzte Nummer von Kersten's Analyse.

Die dreifachen Kalksteine enthalten in 100 Theilen:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kohlensaurer Kalk	90,0	89,0	89,0	89,0	85,8	82,5	80 0	79,2	76 5		
= Bittererde	5,0	3,2	2,0	2,0	0,4	4 1	1,5	2,5	3,0	83,4	79,10
= Eisenoxydul	—	—	—	—	6 2	—	—	6,0	3,0		
= Manganoxyd	—	—	—	—	—	—	—		1,5	0,9	—
Kieselerde	—	—	—	—	—	—	17,0	6,5	11,6		
Thonerde							1,0	3,8	3,6		
Eisenoxyd	5 0	7,8	9,0	9,0	5,4	13,4	—	—	—	1,72	1,70
Kohlenstoff					—		—	2,0	—	—	—
Wasser	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—

Der daraus gebrannte Kalk enthält in 100 Theilen:

Kalk	87,0	81,0	82,0	82,0	83,0	79,3	70,0	74,0	68,3
Bittererde	4,0	2,5	1,5	1,5	—	3,5	1,0	2,0	2,0
Thon	9,0	13,5	16,5	16,5	7,0	16,7	29,0	17,0	24,0
Eisenoxyd	—	—	—	—	10,0	—	—	7,0	5,7

Nr. 1 ist ein Kalkstein von Vougy im Depart. de Loire; blätterig, gelblich, mit Ammoniten und Muscheln erfüllt.

Nr. 5. Kalkstein von St. Germain; dicht, dunkelgrau mit weißen Adern, blätterig, Graphit führend. In Lyon allgemein zu Wasserbauten gebraucht.

Nr. 2. Kalkstein von Chaunay bei Maçon; gelblichweiß, dicht, feinkörnig.

Nr. 3. Kalkstein von Digne (Jura); fest, mit Kalkspathschnüren. Graphit enthaltend, dunkelgrau.

Nr. 4. Kalkstein mit dem vorigen vorkommend; hellgrau, im Ansehen verschieden.

Nr. 6. Flötzkalkstein von Nismes; dicht, gelblichgrau; als hydraulischer Kalk sehr geschätzt.

Nr. 7. Mergelkalk von Senonches (Departement Eure und Loire); im Wasser zerfallend (nicht mehr nach dem Brennen). Nach dem Auflösen in Salzsäure bleibt Kieselerde im Rückstande, die sich vollständig in Aetzkali löst.

Nr. 8. Dichter Kalkstein; Vorkommen unbekannt.

Nr. 9. Flötzkalk von Metz; dicht, erdiger Bruch, blaugrau.

Nr. 10. Kalkmergel von Blankenstein und

Nr. 11 von Helbigsdorf bei Freiberg.

Die ersten 5 Nummern liefern einen Kalk von sehr mäßigen, die folgenden 4 einen Kalk von stark hydraulischen Eigenschaften. Wie man sieht, steigen diese mit dem Betrage der in Salzsäure unlöslichen Theile. Diese letzteren bestehen meist aus einer Verbindung von Kieselerde und Thonerde, oft aber auch aus beinahe reiner Kieselerde in löslicher Form. Es ist nun von größter Wichtigkeit, diesen in Säure unlöslichen Gemengtheil näher kennen zu lernen, weil von ihm die hydraulische Eigenschaft abhängt. Darum hat man in neueren Analysen demselben mehr Sorgfalt gewidmet. So in folgenden Beispielen:

Beobachter	Hermann Meier.					
Ordnungsnummer . .	1	2	3	4	5	6
Kohlensaurer Kalk .	67,86	66,99	76,82	62,47	62,47	39,72
= Bittererde .	5,62	1,67	29,32	2,81	1,35	28,48
= Eisenoxydul	3,30	6,95	16,83	3,21	5,85	7,50
Thonerde	—	0,39	—	0,89	0,93	—
Summa des in Salzsäure löslichen . .	76,78	76,00	95,21	83,73	70,60	75,70
Kieselerde	15,57	16,89	3,35	11,03	20,93	nicht bestimmt.
Thonerde	4,18	4,32	0,56	2,86	7,72	
Eisenoxyd	1,13	1,72	0,43	1,86		
Kalk	0,15	0,005	0,06	0,12	0,12	
Magnesia	0,57	0,37	0,01	0,05	0,30	
Summa des in Salzsäure unlöslichen .	21,60	23,30	4,71	25,92	29,07	22,98

Nr. 1. Kalkstein vom Krienberge bei Rüdersdorf (Berlin), findet sich kaum anstehend unter dem Sande. Er gehört der obersten Abtheilung des Muschelkalkes an, ist in einem verwitterten Zustande und kann als Luftkalk nicht gebraucht werden.

Nr. 2. Rundliche Kalknieren von der Insel Sheppey; gelbbraun, derb und fest. Diese Nieren dienen in England zum sogenannten **roman-cement** und kommen im sogenannten Londonthon, einem Gliede des Tertiären Gebirges vor.

Nr. 3. Kalkstein der Muschelkalkformation, welcher das Dachgestein der Bleierzlagerstätte von Tarnowitz bildet. Blaugrau, derb, fast krystallinisch.

Nr. 4. Cementstein von demselben Orte, fetter. Bei der Cementfabrication werden beide Steine zu gleichen Theilen gemengt; sie gehören derselben Abtheilung des Jura an.

Nr. 5. Cementstein von Hausbergen unweit der **Porta Westphalica**, von der mageren Sorte; verwitternd, dunkelblaugrau, schiefrig.

Nr. 6. Stein, woraus der Koch'sche Cement in Kassel bereitet wird; ein röthlichgelber, derber, dolomitischer Mergel aus dem unteren Muschelkalke.

Zu den im Obigen angeführten Analysen ist die Bemerkung hinzuzufügen, daß die hydraulischen Kalke, wie Kuhlmann besonders für den Londoner und Boulogner Cement im Einzelnen nachgewiesen, im Durchschnitt noch reicher an Alkali sind, als die Luftkalke; ein Umstand, der von den Analytikern in ähnlicher Weise übersehen wurde, wie das Brom, Lythion, Arsenik ꝛc. früher in den Mineralwässern. Man ersieht daraus des Weiteren, daß sich die hydraulischen Kalksteine auf dem gewöhnlichen Wege der Zerlegung in zwei ganz verschiedenartige Gemengtheile scheiden lassen: in einen, ganz wie die Kalksteine zu fettem Luftkalk, aus kohlensauren Erden bestehenden — und einen, der sich als Silicat, oder ein Gemenge von Silicaten, der Thonerde, des Kalkes, der Bittererde und sehr häufig des Kali's, mit mehr oder weniger überschüssiger Kieselerde verhält, eine Art Thon. In seltneren Fällen ist dieser Gemengtheil, welchen mehre Schriftsteller schlechtweg „Kieselthon" nennen, beinahe reine Kieselerde. So ist der Kalkstein vom Klingenhof bei Straßbessenbach im Spessart (eine Art milchweißer, sehr harter Dolomit aus dem Glimmerschiefer, welchen die Fayencefabrik in Damen bei Aschaffenburg verarbeitet) aus Kalk mit 19 Proc. Bittererde und 40 Proc. Kieselerde mit nur Spuren von Thonerde zusammengesetzt. Bei'm Brennen hydraulischer Kalksteine müssen natürlich beide Gemengtheile, wenn der Kalk einmal seine Kohlensäure abgegeben hat, gerade so aufeinander wirken, wie eine starke Base auf ein Silicat, indem sie sich zum Theil in die Zusammensetzung des Silicates einschiebt, und eine lockere Verbindung bildet, als die ursprüngliche, die sich nun nahe ohne Schwierigkeiten in Säuren zersetzt. Es wird also durch das Brennen die Masse

der Basen in dem thonigen Silicate vermehrt und den Säuren eine breitere Seite zum Angriff geboten. In der That sieht man die gebrannten hydraulischen Kalke sich (mit wenigen Ausnahmen) in Säuren auflösen und — zum Beweis, daß ein von Säuren zersetzbares Silicat vorhanden gewesen — eine dicke Kieselgallerte bilden. Mit dieser Fähigkeit, eine Kieselgallerte zu bilden, ist denn auch die Fähigkeit, mit Wasser zu erhärten, eingetreten und steht damit in nahem Zusammenhange. Ungebrannte, gepülverte Steine erhärten bekanntlich nicht. — Man weiß allgemein, daß die hydraulischen Kalke nach dem Anmachen mit Wasser Zusammenhang viel eher als Härte gewinnen. Der angemachte hydraulische Kalk bildet zuerst eine zusammenhängende, aber sehr weiche zerreibliche Masse, die sich leicht mit dem Nagel ritzen läßt; diese Masse nimmt erst viel später, wenn sie begossen oder unter Wasser getaucht wird, eine Härte an, die der des Kalksteins gleichkommt und oft noch viel größer ist. Im Allgemeinen ist die Zeit, welche verschiedene hydraulische Kalke zum Erhärten bedürfen, ungemein verschieden, und folglich auch die chemische Kraft, welche die Erhärtung bedingt, sehr ungleich. Ebensowenig ist der Härtegrad eine gleichbleibende Größe; sie kann bei langsam erhärtenden Kalken soweit und weiter gehen, als bei rasch erhärtendem. Die zur Erhärtung erforderliche Zeit kann sich von wenigen Minuten bis auf Wochen und Monate ausdehnen und hängt mit dem Betrage des thonigen Bestandtheils zusammen. Je reicher die Kalke daran sind, um so rascher erhärten sie. Insofern nun die Festwerdung und Erhärtung hydraulischer Gesteine von einer chemischen Wechselwirkung ihrer beiden Gemengtheile abhängt, insofern kann auch, wie bei einer chemischen Thätigkeit, das Gewichtsverhältniß beider nicht gleichgültig sein und gerade so, wie die Gesteine dieser

Gattung mit abnehmendem Gehalte an dem kieseligen Gemengtheile abwärts in die Luftkalke übergehen, so giebt es denn auch in aufsteigender Linie eine Grenze, jenseits welcher die Gesteine wegen Ueberwiegen jenes Bestandtheils, also weil es ihnen an kohlensaurem Kalke gebricht, nicht mehr hydraulisch wirken. Solche Mineralstoffe sind es aber, die man ganz eigentlich unter dem Ausdrucke „Cement" *) zu verstehen hat, worunter also alle Zusätze begriffen sind, welche gewöhnlichen Luftkalk hydraulisch machen. Im Verlaufe der Erhärtung ist oft eine deutliche Temperaturerhöhung bemerklich; auch verwandelt sich dabei in vielen Fällen das gebrauchte Wasser in eine Lauge, welche hinreichend ätzendes Alkali enthält, um das bekannte schlüpfrige Gefühl zwischen den Fingern zu erzeugen. So z. B. der Kasseler hydraulische Kalk. Es muß das Alkali nothwendig schon in dem Steine enthalten sein und ist nur in der oben angeführten Analyse übersehen worden.

Manche Kalke, besonders diejenigen, welche den Uebergang von den hydraulischen zu den Cementen bilden, haben die sehr üble Eigenschaft, daß einzelne Theile derselben noch nachträglich in's Löschen kommen, nachdem das Ganze bereits erstarrt oder etwas erhärtet ist. Der Mörtel zerbröckelt sich dadurch, blättert sich ab, zerfällt und wird mit einem Worte unbrauchbar. Es scheint, als ob in diesem Falle Kalktheilchen so eingehüllt seien, daß sie erst im Laufe

---

*) Doch pflegt die technische Terminologie auch die an sich hydraulischen Kalke von sehr kräftiger Wirkung Cemente zu nennen, so der Kasseler, Londoner Cement. Es ist übrigens schon an einem anderen Orte auf die unsägliche Begriffsverwirrung hingedeutet worden, welche sich in Bezug auf den Kunstausdruck Cement in der technischen Sprache eingeschlichen hat. Man darf also hydraulische, wie die in Rede stehenden Stoffe, nicht mit dem verwechseln, was man in den Töpfereien, in den Stahlhütten und in der Metallurgie überhaupt Cement nennt.

des Erhärtungsprocesses bloßgelegt, oder durchdrungen werden und mit dem Wasser in Berührung kommen.

Der Brand der hydraulischen Kalke ist wie der der Kalksteine überhaupt, nur erheischen sie einen viel geringeren Hitzgrad. In Kassel z. B. dienen dazu Oefen, ähnlich wie der Figur 250 abgebildete mit ununterbrochenem Gange, nur von kleineren Dimensionen und seitlicher Feuerung mit Rost. Die gebrannten Steine werden unter Stampfen gepülvert, gesiebt und als feines Mehl angewendet. Bei solchen hydraulischen Kalken, die sich noch gut löschen, ist das Pulver nicht absolut nothwendig. — Es ist dagegen ein großer Fehler, wenn der hydraulische Kalk, besonders in gepülvertem Zustande, längere Zeit, z. B. auf dem Transport, in Magazinen ꝛc., der Feuchtigkeit der Luft ausgesetzt ist; er verliert dadurch nach und nach seine beste Kraft, erhärtet sehr träge oder gar nicht mehr. Auch bedarf es kaum der Erwähnung, daß hydraulischer Kalk in keinem größeren Vorrath angemacht werden darf, als man frischweg verarbeiten kann. Was diesen Punct betrifft, so hat Vicat gezeigt, daß ein guter hydraulischer Kalk, nachdem er bereits angezogen hat, nach wiederholtem Pülvern und Anmachen zwar auf's Neue anzieht, aber doch sehr langsam. Er verhält sich wie ein hydraulischer Kalk der geringsten Qualität.

Künstliche hydraulische Kalke.

Ein Blick auf die aus Beobachtungen gefolgerte Theorie zeigt, daß künstliche Gemische von einem passenden Silicat mit Kalk bei gleicher Behandlung so gut hydraulische Eigenschaften zeigen müssen, als natürliche. Die Erfahrung ist in der That diesem Schluß um Jahrhunderte vorausgeeilt. — Bei ganz

alten Baudenkmälern beruht die Festigkeit der Bauten zuweilen auf dem Gewicht und der Gestalt der Steine. So bei den Baudenkmälern einer vorgeschichtlichen Nation, welche wegen ihrer Massenhaftigkeit gewöhnlich „cyclopische" genannt werden, so bei ägyptischen Tempeln und selbst noch bei der berühmten, unter Tarquinius Superbus erbauten **Cloaca maxima**, einem Ableitungstunnel zur Reinhaltung der Stadt Rom. Der einzige Mörtel in den Ruinen von Babylon ist Erdpech. Die Römer waren aber mit der Handhabung des Kalkmörtels sowohl für Hoch- als Straßenbau vollkommen vertraut und machten alsbald die wichtige Entdeckung, daß eine gewisse halbweiche, poröse, fast erdige Bimsstein führende und diesem in der Zusammensetzung ähnliche Felsmasse, welche an der Küste des Meerbusens von Bajä und Neapel, besonders bei Puteoli, vorkommt, und von ihnen **Pulvis puteolanus** genannt wurde, die schätzbare Eigenschaft besitzt, mit gebranntem Kalk hydraulisch zu erhärten. Das **Pulvis puteolanus**, schon von Vitruv und Plinius beschrieben, wurde zu Wasserbauten mit der Hälfte Kalk angemacht und ist derselbe Stoff, der noch heutzutage unter dem Namen Puzzolane so berühmt ist. Die Stadt Puteoli hat bekanntlich heutzutage den Namen Puzzuoli.

In Deutschland eingebrochen und an den Rhein vorgedrungen, erkannten die Römer alsbald in den Traßlagern bei Bonn, das heimische **Pulvis puteolanus** wieder und eröffneten die dortigen Brüche, die noch bis heute jenes wichtige Material auf weit und breit hin liefern. Beide, Puzzolane wie Traß, sind nichts als ein von Wasser angeschwemmtes Conglomerat aus Trümmern vulcanischer Gesteine, häufig Geschiebe von Basalt, Bimsstein, Trachyt, Thonschiefer einschließend. Daher der Zusammenhang der Puzzolane mit dem Vesuv, des Trasses mit den Vulcanen

der Eifel. Der Traß im Brohlthale ist aus den Bestandtheilen der trachytischen Gesteine der Umgebung hervorgegangen und bildet sehr mächtige, Thäler ausfüllende Bänke eines mürben, zerreiblichen Gesteins, dessen Farbe im Allgemeinen hell, bald mehr in's Gelbe, bald in's Graue zieht. Es wird in zahlreichen Stampfmühlen in der Nähe des Fundortes gemahlen und als feines Pulver versendet. Wie die meisten Ausbruchgesteine, wie Basalt, Klingstein ꝛc. läßt sich auch der Traß chemisch in zwei verschiedene Silicate zerlegen. Das eine ist in Salzsäure ohne Weiteres aufschließbar, das andere nicht. Elsner erhielt bei der Zerlegung, unter Berücksichtigung dieses Umstandes, folgendes Resultat:

In Salzsäure aufschließbar:

Kieselerde	11,50
Eisenoxyd mit Spuren von Mangan	11,77
Thonerde	17,70
Kalkerde	3,16
Bittererde	2,15
Kali	0,29
Natron	2,44
	49,01

In Salzsäure nicht aufschließbar:

Kieselerde	37,44
Eisenoxyd	0,57
Thonerde	1,25
Kalkerde	2,25
Bittererde	0,27
Kali	0,08
Natron	1,12
	42,98
Wasser mit Spuren von Ammoniak	7,65
	99,64

Während der erstere Gemengtheil des Traß im Wesentlichen ein Thonerde- und Eisensilicat, so ist der letztere beinahe reine Kieselerde, so daß in beiden alle Bedingungen eines hydraulischen Stoffes enthalten sind: Kieselerde (im Ganzen 49 Proc.), um den zugefügten Aetzkalk zu binden, 31 Proc. Thonerde und Eisenoxyd, endlich fast 4 Proc. Alkali, um sie in der oben bezeichneten Weise zu unterstützen und die Kieselerdeverbindung aller dieser Basen in einem Zustande der Aufgeschlossenheit, in welchen andere Silicate, wie Thon ꝛc., erst durch Glühen mit Kalk versetzt werden. — Wie sich bei einer solchen aus Trümmern ungleich gemengten Masse erwarten läßt, sind die Ergebnisse verschiedener Analytiker nicht gleich. Man fand bis 57 Proc. Kieselerde bis zu 28 Proc. Thonerde und 8 Proc. Alkali.

Die italienische Puzzolane fand Berthier aus 44,5 Proc. Kieselerde, 15,0 Thonerde, 8,8 Kalk, 4,7 Bittererde, 12,0 Eisen und Titanoxyd, 1,4 Kali, 4,1 Natron und 9,2 Wasser, also dem rheinischen Traß ganz analog zusammensetzt.

Eine Art Puzzolane von nicht vulcanischem Ursprung ist ganz neuerlich von Sauvage im Depart. der Ardennen entdeckt worden. Sie bedeckt daselbst die Thone des Gault, einer Versteinerung führenden Ablagerung am Grunde der Kreideformation. Sie ist von blaßgrauer, grünlicher Farbe, sehr weich und nach Sauvage von folgender Zusammensetzung:

Vierte Gruppe. Kalk, Mörtel, Gyps.

Lösliche Kieselerde (gallertartig)	56
Thon	7
Feiner Quarzsand	17
Feiner grauer Kalk (Chlorit)	12
Wasser	8
	100

Merkwürdig ist die sehr bedeutende Menge löslicher Kieselerde, welche eine gute hydraulische Wirkung erwarten ließ, wie sie denn bereits von Vicat bestätigt ist.

Alle diese Zusätze, welche fetten gelöschten Kalk hydraulisch machen, werden, wie oben bemerkt, „Cemente“ genannt. Puzzolane, Traß und alle ähnlichen Cemente gewähren den Vortheil, daß sie nicht erst durch Glühen, Brennen ꝛc. vorbereitet zu werden brauchen, sondern im natürlichen Zustande (versteht sich fein gepülvert, damit sie gehörig gemengt werden können) ihre Wirkung äußern. Ein Blick auf die Tabellen zeigt sogleich, daß viele Thone in ihrer Zusammensetzung den vulcanischen Cementen sehr nahe kommen. Um aber eine gleiche Wirkung zu zeigen, wie diese, müßten die Bestandtheile der Thone auch im gleichen Zustande sein, was keineswegs der Fall ist. Es müssen darum alle Thone, sofern sie zu Cementen dienen sollen, vorher durch Brennen aufgeschlossen werden, je nach der besonderen Beschaffenheit, mit oder ohne Zusatz von Kalk. Alsdann liefern sie aber sehr kräftige Cemente, wobei es indessen sehr bedeutend auf die Art des Brennens und die Temperatur ankommt. Treussart verfertigte aus einem zur Alaunfabrication in Straßburg dienenden Thon, der aus 50 Kieselerde, 32,7 Thonerde, 1,6 Bittererde und nur Spuren von Eisenoxyd bestand, Ziegel, von denen er einen Theil in dem Alaunofen erhärtete, und er trug damit nach zwei bis drei Tagen ein Gewicht von 400 Pfd., ohne zerknirscht zu werden, während der aus dem Kalkofen erst nach 30 Tagen erhärtete und unter gleichen Umständen bei 50 bis 60 Pfd. brach. — Eine ähnliche Vergleichung zweier Mörtel aus ebenfalls 1 Theil gelöschtem Kalk und 2 Theilen Cement, welcher das eine Mal aus Thon für sich, das andere Mal aus mit 2 Procent

Kalk aufgeschlossenem Thon bestand, zeigte diesen Einfluß zu Gunsten des letzteren Mörtels, der in 17 Tagen erhärtete, während der andere 30 bedurfte.

Mehre öffentliche Gebäude in Frankreich, u. a. der Canal St. Martin, sind mit einem künstlichen hydraulischen Kalk aus der St. Leger's Fabrik gebaut, welcher ein Thoncement enthält. Dieser hydraulische Kalk wird aus 4 Theilen Kreide von Meudon und 1 Th. Thon von Passy (dem Volum nach) gerade so gemengt, wie man die Massen zu Fayence ꝛc. zu mischen pflegt. Die beiden Stoffe kommen zuerst mit Wasser unter eine Mühle mit stehenden Steinen, wo sie bis zu einer dünnen Schlempe zermahlen werden, die man zum Absitzen in gemauerte Sümpfe abläßt. Nachdem das obenstehende Wasser abgezogen, und der Schlamm zu einiger Consistenz eingetrocknet ist, formt man Ziegel daraus, welche nach dem Trocknen in Kalköfen, aber gelind, gebrannt werden. Berthier fand in der ungebrannten Mischung: kohlensauren Kalk 84 Proc., Kieselerde 10, Thonerde 5 und Eisenoxyd 1 Proc. Wie man sieht, ist hier aller nöthige Kalk von vornherein in der Masse: ein Theil dient zum Aufschließen des Thons, und der Rest bildet mit dem entstandenen Cement die erhärtende Masse, welche für den Gebrauch mit Wasser gelöscht werden muß. Sie gedeiht dabei um 0,65 ihres Volums, wenn sie richtig gebrannt war.

Nach einem anderen späteren Patent von Briaut und St. Leger ist das Cement nicht Thon, sondern ein Kalksilicat. Nach der bekannt gewordenen Vorschrift sollen 4 Th. Kreide (oder reiner Kalkstein überhaupt) mit 1 Th. calcinirtem und zum feinsten Pulver gemahlenem Kiesel (Quarz, Feuerstein ꝛc.) versetzt und das Gemenge wie oben gebrannt werden. Da die Gegenwart der Thonerde nach allen Erfahrungen vortheilhaft und Thon überall leichter zu ha-

ben ist und weniger mechanische Arbeit erfordert, als die kieseligen Mineralien, so ist ein besonderer Vorzug dieses Verfahrens nicht einzusehen und die Nachahmung nicht eben zu empfehlen.

Wenn man jedoch eisenfreien Kalk, Kreide z. B., genommen hat, so entsteht eine nach dem Erhärten ungefärbte, weiße Masse, was allerdings zuweilen eine wichtige Rücksicht sein kann.

Anstatt des Thons verwendet man auch wohl Abfälle von ähnlicher Beschaffenheit und Wirkung als Cemente, wo sie gelegentlich zu haben sind. Dahin gehören ganz besonders die Rückstände vom Auslaugen der Alaunschiefer und die Asche von Steinkohle, Braunkohle und Torf. Wie seiner Zeit näher erörtert worden, durchdringen in den Alaunerzen ein thoniger und ein kohlenartiger (bituminöser) Bestandtheil einander so, daß nach dem Rösten und Auslaugen, wobei Thonerde entzogen wird, der thonartige Bestandtheil nicht bloß ziemlich aufgeschlossen, sondern auch reicher als Kieselerde, als vorher, und folglich in einem Zustande zurückbleibt, in welchem er für die Bindung des Kalkes unter Wasser sehr geeignet sein muß.

Die Asche der fossilen Brennstoffe enthält reichlich Kieselerde, Thonerde, auch Eisenoxyd nebst Bittererde und zuweilen Alkalien. Da die Asche hochrothglühend durch den Rost fällt, so muß sie sehr bemerklich aufgeschlossen sein, und es kann nicht auffallen, daß sie als Cement ohne Weiteres mit dem Kalk erhärtet. Nach Anthon ist das beste Verhältniß, auf einen Theil zu Pulver gelöschten Kalk die gleiche doppelte Menge Steinkohlenasche *) anzuwen-

*) Hierunter ist wirkliche Asche, nicht die sogenannten Cinders, ein Gemeng von wenig Asche und viel unverbrannten Coakabfällen zu verstehen.

den. Indessen möchte das richte Verhältniß, bei sehr veränderlicher Beschaffenheit verschiedener Aschen, für jeden Ort besonders zu ermitteln sein. Die Erhärtung eines Mörtels aus Kohlenasche und Kalk rührt übrigens zum Theil auch von Gyps her, wovon einige Braunkohlen $\frac{3}{4}$ ihres Gewichts enthalten.

Der unter dem Namen „cendrée“ sehr geschätzte Wassermörtel von Tournay wird aus den Abfällen gemacht, welche dort bei'm Brennen des Liaskalkes erhalten werden. Diese Abfälle, welche nach dem Ziehen des Stückkalkes zurückbleiben, bestehen aus kleinen Kalkstückchen und der Asche, woran die dort verwendete Kohle sehr reich ist, ungefähr im Verhältniß von 1 : 3. Das Gemenge wird mit wenig Wasser gelöscht und vor dem Anwenden tüchtig geschlagen und durcheinander gearbeitet.

Endlich verdienen unter den cementähnlichen Zusätzen noch die gepülverten Schlacken aus Kupfer- und Eisenhütten Erwähnung, welche Silicate aus Eisenoxydul, Kalk und Thonerde sind.

Es ist in der Geschichte des Wassermörtels, die, wie bemerkt, in der Anwendung der Puzzolane und des Traß bei den Römern ihren Ausgangspunct hat, sehr bemerkenswerth, daß man, jemehr sich die Kenntniß von der Natur desselben erweiterte, umsomehr hydraulische Kalksteine auffand und für den künstlichen Mörtel Cemente zu finden wußte; so daß, was anfangs das Eigenthum weniger begünstigter Orte zu sein scheint, nunmehr fast überall zu haben ist. Einen bedeutenden Anstoß zum Studium der Natur und des Vorkommens der hydraulischen Kalke hat der roman Cement oder römische Cement gegeben, worauf Parker und Wyatt im Jahre 1796 in London ein Patent erhielten. Das Material dazu sind die unter dem Namen Septaria im Thon des Londonbeckens vorkommenden, mehre Zoll dicken Roll-

stücke von gedrückt kugeliger Gestalt. Sie finden sich nicht nur an den Themseufern, sondern auch auf der Insel Sheppey, Whight, sowie an den Küsten von Kent, Yorkshire, Sommersetshire. Die Analyse ist bereits angegeben. Man brennt sie in ununterbrochen gehenden Kalköfen mit Steinkohlen unter einer höchst vorsichtigen Leitung des stets mäßigen Feuers. Nach dem Brennen werden die Steine unter schweren stehenden Mühlsteinen zu einem feinen Pulver gemahlen und gesiebt, welches als fertiger Cement in dichten Fässern versendet wird und einen wichtigen Handelsartikel ausmacht.

Im Jahr 1802 hat Lesage das Vorkommen ähnlicher Cementsteine auf der französischen Küste bei Boulogne dargethan und nachmals Drapier die Gleichheit derselben mit den englischen durch die Analyse bewiesen.

Der römische Cement gehört zu den kräftigsten hydraulischen Kalken und ist dadurch so schätzbar, daß er nicht nur in wenigen Minuten erhärtet, sondern auch bei'm Erhärten selbst in dickeren Massen keine Risse zieht.

Später hat man denn ähnliche Kalkmergel an zahlreichen Orten gefunden und ausgebeutet, wo man sich nur die Mühe gegeben hat, zu suchen. So, um ein Beispiel anzuführen, hat Kittel in Aschaffenburg die Kalke des Spessart durchforscht und allein in der Nähe dieses Ortes an vier verschiedenen Puncten einen brauchbaren, an zwei Puncten einen vorzüglichen Mergel erhalten. Man hat sogar zuweilen hydraulische Kalke in einem und demselben Bruche mit fettem Kalk gefunden und, ohne ihre Natur zu kennen, wegen ihrer Trägheit bei'm Löschen als unbrauchbar ausgehalten.

Alle künstlichen oder natürlichen hydraulischen Kalke lösen sich (nach und vor dem Erhärten) unter

Abscheidung von Kieselerde in Salzsäure auf, es sei denn, daß Sand oder Aehnliches zugesetzt worden.

Einige practische Bemerkungen mögen diesen Abschnitt beschließen. Alle hydraulischen Kalksteine, wenn sie nicht so kalkreich sind, daß sie sich löschen lassen, müssen sehr fein gepülvert werden; nur bei ganz feiner Zertheilung der Stoffe ist eine gehörige Einwirkung zu erwarten. Ohnehin findet nie eine völlige Durchdringung des kieseligen Theiles von Seiten des Kalkes Statt, sondern ein Theil bleibt umschlossen und eingehüllt.

Ein Punct, gegen den sehr häufig gefehlt wird, ist das Einhalten des richtigen Verhältnisses zwischen gelöschten Kalk und Cement, wo man künstlichen hydraulischen Mörtel verwendet. Die beiden Ingredienzen müssen durchaus nach Maß oder Gewicht, nicht nach bloßem Augenmaß, gemacht werden. Am besten beginnt man damit, das nöthige Cementpulver anzufeuchten und dann den frisch gelöschten Kalk unterzuarbeiten. Je gleichförmiger und inniger beide gemengt werden, um so besser wird der Erfolg sein.

Der hydraulische Mörtel zu dem berühmten Leuchtthurm von Eddystone ist von Smeaton aus gleichen Maßtheilen zu Pulver gelöschtem Kalk und Puzzolane zusammengemischt worden. Gewöhnlich pflegt man den Traß und die Puzzolane dem Gewichte nach mit der Hälfte Kalk zu beschicken, wie die Römer bereits gethan. Jedenfalls möchte es gerathen sein, wofern man über die Beschaffenheit des einen oder andern Bestandtheils nicht sichere Erfahrungen hat, das beste Verhältniß durch einige Proben zu ermitteln.

Guter hydraulischer Mörtel. gleichviel ob aus natürlichem Kalkstein gemacht, oder aus Cement und Kalk zusammengesetzt, zieht auch ohne Sandzusatz keine Risse, wenn er unter Wasser erhärtet. Er bil-

det alsdann eine sehr dichte und feste Masse, welche nach einiger Zeit weder Wasser durchläßt, noch von Wasser angegriffen wird und eine bedeutende Härte erlangt. Darum ist es gerathener, an denjenigen Theilen von Mauern, die stets vom Wasser bedeckt bleiben, den hydraulischen Mörtel ohne allen Zusatz anzuwenden. Wenn aber nicht bloß Erhärtung, sondern auch gehörige Bindung erfolgen soll, so darf man eine höchst wesentliche Vorsicht nicht außer Augen setzen, nämlich das Anfeuchten der Steinflächen, auf welche der Mörtel aufgetragen werden soll. Im entgegengesetzten Fall wirkt die Steinfläche (durch Auffaugung der Feuchtigkeit) austrocknend auf die Oberfläche des Mörtels, es kann in Folge davon keine rechte Adhäsion Statt finden und die Fuge muß mehr oder weniger offen bleiben.

Daraus, daß der hydraulische Mörtel das einzige dauerhafte Material unter Wasser ist, darf man nicht schließen, daß derselbe bei trockenen Mauern keiner Anwendung fähig wäre. Er ist im Gegentheil auch für diese Fälle von ausgezeichnetem Nutzen, wenn es sich um Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit handelt, und sehr oft können feuchte Wohnungen und sonstige Räume durch passendes Anbringen eines hydraulischen Ueberzuges verbessert werden, weil dieser, einmal erhärtet, weit entfernt ist, die Feuchtigkeit so anzusaugen und durchzulassen, wie der poröse Luftmörtel. Es versteht sich übrigens von selbst, daß man dem hydraulischen Kalk, so oft er an trockenen Mauern angebracht wird, sei es als Verputz, oder sonst wie, durchaus so oft und solange begießen und anfeuchten muß, bis er seine gehörige Härte erreicht hat. Wird diese Bedingung vernachlässigt, so kann man nicht erwarten, etwas Anderes, als einen weichen, zerreiblichen unnützen Ueberzug, zu erhalten. Wenn Feuchtigkeit zwischen der Wand und

dem Verputz z. B. von unten eindringt, so wird sie wegen seiner Undurchdringlichkeit dort festgehalten und der Verputz bei darauffolgendem Frost unfehlbar abgeblättert. Ferner ist in Acht zu nehmen, daß der hydraulische Mörtel für sich an der Luft nach der Hand eintrocknet, schwindet und folglich unganz und rissig wird. Es ist also nothwendig, Sand oder ein ähnliches Material zuzusetzen, welches die Schwindung aufhebt. Der hydraulische Mörtel verträgt unbeschadet seiner Härte eine ziemlich bedeutende Menge Sand, das $1\frac{1}{2}$fache seines Gewichtes und mehr. Ein solcher Zusatz gewährt also zugleich eine namhafte Ersparniß. Das Korn des Sandes ist hierbei so wenig wie bei dem Luftmörtel gleichgültig: scharfes, eckiges Korn ist dem stumpfen, abgerollten entschieden vorzuziehen; auch nimmt man besser halb groben, halb feinen Sand, als Sand von einerlei Korn. Ferner soll der Sand möglichst frei von erdigen und staubartigen Theilen sein. Bei aus Kalk und Cement zusammengesetzten Mörteln ist die Regel, daß man soviel an Sand abbrechen muß, als man Cement zugesetzt hat, weil der gelöschte Kalk in Summa nur eine bestimmte Quantität solcher Stoffe bindet, die nicht überschritten werden kann und der Cement selber sich zum großen Theile unthätig, d. h. als Sand, verhält.

Bei einem hinreichend rasch erhärtenden hydraulischen Mörtel kann man, bei einem geeigneten Zusatz von Sand, ziemlich massive Gegenstände gießen, ohne daß diese nach dem Trocknen Risse bekommen. Dadurch ist eine Anwendung des hydraulischen Mörtels zu architektonischen, dem Sandstein ähnlichen Verzierungen möglich, die mit großer Schärfe der Form, einer bedeutenden Dauer und größerer Leichtigkeit, im Vergleich mit Sandsteinfiguren, den großen Vortheil einer leichten Vervielfältigung verbinden.

Es werden solche Ornamente in der Koch'schen Fabrik in Cassel aus dem dortigen Cement, mit Sand vermischt, angefertigt.

Eine ähnliche Anwendung ist das Gießen von Wasserleitungen und zwar gleich an Ort und Stelle in den Grund, wie sie von Gasparin vorgeschlagen worden. Die Form ist ein leinener Schlauch, wie an den Feuerspritzen, von einigen Metern lang, der mit Wasser angefüllt und an beiden Seiten geschlossen wird. Es entsteht eine Wurst, welche man mit Sand übersiebt, auf eine von hydraulischem Kalke gegossene Unterlage legt, und dann auch von oben mit hydraulischem Mörtel übergießt. Nachdem das Ganze erstarrt ist, zieht man den Schlauch bis auf 1 Fuß hervor, gießt eine neue Strecke u. s. f. Wasserleitungen der Art setzen aber ein gleichmäßiges Gefälle voraus, weil sonst der Sand unmöglich hinausgespült werden kann, ohne die Leitung zu verstopfen.

Wenn man den hydraulischen Kalk mit kleinen Steinen oder Flußkies mengt, so kann man auch Mauern unmittelbar gießen, und erhält eine Masse, die dem aus Luftmörtel bereiteten béton der Franzosen entspricht. Zu Toulon wird für den Hafenbau eine Masse aus 3 Th. Kalk, 4 Th. Puzzolane, 1 Hammerschlag, 2 Sand und 4 Steingerölle (Gruß) angewendet.

Die bedeutende Festigkeit der Mauern aus hydraulischem Mörtel geht am deutlichsten aus den Versuchen hervor, die man über das Zerbrechen gemauerter Balken angestellt hat. Ein 25 Fuß langer, $2\frac{1}{2}$ Fuß breiter Balken, aus 19 Lagen mit römischem Cement verbundener Ziegel bestehend, zwischen welche hier und da gleichlaufende Schienen von Reifeisen eingelegt waren, vermochte, an beiden Enden aufliegend, ein in der Mitte aufgehängtes Gewicht von

22 Tonnen 480 Ctr. zu tragen, bis er anfing zu brechen.

Schließlich muß einer kürzlich von Fuchs und Schlotthauer der Münchner Academie der Künste vorgelegten Erfindung gedacht werden, welche eine neue Methode der Frescomalerei zum Gegenstande hat. Während in der antiken pompejanischen sowohl, als in der modernen Frescomalerei die Befestigung der Farben auf einer Erhärtung von Aetzkalk in der Luft beruht, so wird nach der neuen Methode die gefärbte Fläche in ein Kalksilicat verwandelt. Beide ältere Methoden verhalten sich also zur neuen wie Luftmörtel zu hydraulischem. Während Frescogemälde der ersten Art nicht viel Dauer besitzen (es sei denn, daß sie, wie die pompejanischen, ihre Rettung einer langen Verborgenheit und Abgeschlossnheit von Luft und Licht verdanken), und die Kunst die Zerstörung der ersten Meisterwerke zu beklagen hat, so sollen die der neueren Art nicht nur dem Wasser, schwachen Säuren und Alkalien, sondern auch dem Witterungswechsel und der Strenge deutscher Winter widerstehen, ohne ihre Farbenfrische zu verlieren und so fest mit der Unterlage verbunden sein, daß sie weder von selbst abblättern, noch überhaupt mechanisch davon getrennt werden können. Das Nähere des Verfahrens ist zur Zeit nicht bekannt, es scheint sich übrigens um eine Verkieselung einer Kalkmasse vermittelst einer Auflösung eines Alkalisilicats zu handeln, wovon oben die Rede gewesen.

Vom Gyps.

Begriff. — Das was man in den Gewerben Gyps nennt, ist die Verbindnng des schwefelsauren Kalks mit Wasser: sie enthält 79,07 schwefelsauren Kalk auf 20,93 Wasser, oder 1 Aequiv. des

erstern auf 2 Aequiv. Wasser. Die beiden Aequiv. Wasser sind auf eine verschiedene Weise in dem Gypse gebunden und spielen eine sehr verschiedene Rolle. Während nämlich das eine Aequivalent gewöhnliches Krystallwasser ist, so ist das andere Aequivalent als salinisches Wasser, d. h., als Wasser vorhanden, welches durch die Salze vertreten werden kann. Dieser Umstand enthält den Schlüssel zu manchen Eigenthümlichkeiten im Verhalten des Gypses.

Vorkommen. — Der Gyps ist ein dem Urgebirge ganz fremdes Mineral, wird dagegen in allen spätern Bildungen, bei denen das Wasser Antheil hat, und zwar von den jüngern Gliedern des Uebergangsgebirges an bis herauf zu den Süßwasser-Ablagerungen der tertiären Formationen im Busen und Becken gefunden. Im Uebergangsgebirge wird der Gyps nur in so beschränktem Maße angetroffen, daß dasselbe als technischer Fundort gänzlich wegfällt. Dagegen sind die Glieder der secundären Formation und vorzugsweise der Lias, der bunte Mergel, der Keuper und der Muschelkalk ergiebige Lagerstätten. Noch umfassender sind die Gypsmassen des tertiären Gebirges. Sie unterscheiden sich von dem vorhergehenden, abgesehen von dem Alter, besonders durch das Auftreten von organischen Resten, Thierknochen, Muschelschaalen ꝛc. und einem Gehalt an kohlensaurem Kalk, also allgemein durch eine geringere Reinheit. Das Becken von Paris ist das schönste Beispiel dieser Gattung.

Der Gyps lös't sich in beiläufig 400 Th. Wasser, eine Löslichkeit, welche durch Temperaturerhöhung nicht vermehrt wird. Es ist wahrscheinlich, daß der Gyps späterer Bildungen sich nach und nach aus Wasser niedergeschlagen hat, während in andern Fällen derselbe aus dem Zusammentreffen von schwefel-

sauren Dämpfen (z. B. aus verwitterten Schwefelkiesen) mit kohlensaurem Kalk entstanden sein mag.

Der Gyps bildet nicht leicht zusammenhängende Lager von großer Erstreckung und Ausdehnung wie viele Thone und Kalke, sondern findet sich bemerkenswerther Weise als unregelmäßige, stockförmige Lager oder liegende Stöcke, nicht selten das Nebengestein durchbrechend und in dasselbe eindringend.

Bei aller Verschiedenheit des mineralischen Charakters, in welchem der Gyps vorkommt, macht sich doch stets dessen überwiegende Neigung zur Krystallinität geltend. Reine Gypskrystalle finden sich häufig und in bedeutender Entwickelung oft als blättrige, schwalbenschwanzförmige, Zwillingskrystalle (Gypsspath). Oft haben solche Krystalle eine so bedeutende Ausdehnung, daß sich Blätter von mehren Quadratfußen davon ablösen lassen, welche das bekannte Marienglas oder Fraueneis sind und wie Fensterscheiben gebraucht werden. Als geologische Masse unterscheidet man körnigen Gyps, eine compacte Masse aus Krystallkörnern; der bekannte, zur Bildhauerarbeit dienende Alabaster, ist eine weiße, durchscheinende Art davon, die sich bei ihrer großen Weichheit leicht mit dem Messer schneiden und abdrehen läßt. Der körnige Gyps geht auf der einen Seite in den dichten Gyps über, worin das krystallinische Korn von dem unbewaffneten Auge nicht mehr wahrgenommen wird, und auf der andern Seite, aber nur untergeordnet, in den faserigen Gyps, der Spaltausfüllungen bildet. Der unreine kohlensaure Kalk und thonhaltende Gyps, wie der Pariser, ist meist körnig, in's Dichte übergehend.

Reiner, schwefelsaurer Kalk ohne Wasser, sogenannter Anhydrit, kommt häufig in der Natur, und zwar fast immer mit dem Gypse, vor. So, z. B., findet sich Anhydrit bei Oldendorf als Kern in einer

Masse von wasserhaltigem Gypse ringsherum eingeschlossen. Er ist übrigens von keiner technischen Bedeutung.

Die Anwendung des Gypses ist theils die zu Bildhauerarbeiten, als Alabaster, theils beruht sie auf seinem bloßen chemischen Bestande, so in verschiedenen Fabriken als Zersetzungsmittel und als Dünger in der Landwirthschaft, theils endlich auf seiner Brauchbarkeit zu Abgüssen und mörtelartigen Massen. Für den ersten Fall ist zu bemerken, daß Alabasterarbeiten bei der schon merklichen Löslichkeit des Gypses unbedingt vor Feuchtigkeit zu schützen sind. Von den beiden andern Anwendungen wird später noch die Rede sein; was jedoch die letzte betrifft, so ist es zum richtigen Verständniß der Technik des Gypses unumgänglich, sich mit seinem Verhalten gegen das Wasser vertraut zu machen.

Eigenschaften. — Im luftleeren Raume über Schwefelsäure von 100° C erwärmt, verliert der Gyps die Hälfte seines Wassers, das Krystallwasser. Bei weiterer Temperaturerhöhung fängt auch das salinische Wasser an, wegzugehen und entweicht vollständig noch unter 150° C. Etwas anders verhalten sich die Dinge in freier Luft; der Gyps verliert nämlich an der Luft, bei 100° C., fast nichts von seinem Wasser; allein das Entweichen desselben beginnt schon bei einer geringen Erwärmung über 100° C., ist aber nicht vollendet, ehe man 133° C. erreicht hat. Gyps, aus dem man das Wasser bei dieser Temperatur entfernt, zieht, wenn er auf's Neue mit Wasser zusammengebracht wird, dasselbe mit großer Kraft wieder an, indem er in die ursprüngliche Verbindung wieder zurückkehrt. Diese Bindung von Wasser findet schon nach wenigen Minuten Statt, und zwar, wenn man das passende Verhältniß nicht überschritten hat, unter bemerklicher Wärmeentwicke-

lung. Wenn der Gyps vor oder nach dem Entwäs-
sern gepülvert wird, so erstarrt das Pulver, mit
Wasser zusammengerührt, rasch zu einer porösen,
erdigen Masse, welche die Form des Gefäßes an-
nimmt, worin sie sich befindet. — Auf diesem Um-
stande beruht nun aber die Anwendung des Gypses
zum Bildgießen und zu Mörtel. Es ist aber aus-
drücklich zu bemerken, daß der Gyps, auf eine Tem-
peratur erhitzt, die zwischen 133° (wo er alles Wasser
verloren hat) und seinem Schmelzpuncte liegt, seine
Fähigkeit, Wasser anzuziehen und zu erhärten, auf
immer verliert. Er verhält sich alsdann, wie der
natürliche wasserfreie Gyps oder Anhydrit, welchem
die Erhärtungsfähigkeit ebensowenig zukommt, als
der obenerwähnten Verbindung oder krystallwasser-
freiem Gypse. Es ist wahrscheinlich, daß die Ab-
weichung im Verhalten des gutgebrannten Gypses
und des Anhydrits in einer Molecularverschieden-
heit liegt.

Die Entwässerung oder das Brennen des Gypses
und das Anmachen mit Wasser sind also zwei Haupt-
puncte, welche zuerst erörtert werden müssen.

Das Brennen des Stuccaturgypses. —
Die ganz feinen und reinen Sorten Gyps zum Gie-
ßen und Stuccaturarbeiten pflegt man zum großen
Theile ungebrannt, als feines Pulver, in den Han-
del zu bringen. Gute Künstler ziehen es vor, als
den sichersten Weg, das Brennen, worauf sehr viel
ankommt, selbst zu besorgen, umsomehr, da die Sache
wegen der niederen dazu erforderlichen Temperatur
ungemein erleichtert ist. Es genügt nämlich, das
Gypspulver in einem reinen Metallkessel über einem
sehr mäßigen Feuer zu erhitzen. Nach einiger Zeit
sieht man eine Bewegung eintreten, die Masse im
Kessel von dem allenthalben sich entwickelnden Wasser-
dampf gleichsam in der Schwebe gehalten, stellt sich

in's Niveau wie eine Flüssigkeit. Es bilden sich bald zahlreiche Krater, durch die der Wasserdampf entweicht, die auf's Neue aufbrechen, wenn sie durch das Umrühren verschüttet werden u. s. f. Aus diesen Bewegungen und der Art, wie sich eine darüber gehaltene kalte Glas- oder Metallplatte beschlägt, kann man den Verlauf des Entwässerns sehr scharf beurtheilen, und ist dadurch in den Stand gesetzt, den richtigen Augenblick zu erfassen, wo der Gyps die wahre Reife hat. Im Allgemeinen ist das rasche Erhärten des Gypses zu Kunstgüssen eine hervorragende Bedingung. Künstler haben nun die Erfahrung gemacht, daß völlig entwässerter Gyps nicht so rasch gesteht, als Gyps, den man nur so lange gebrannt hat, als das Aufwallen dauert. In diesem Fall enthält der Gyps noch ungefähr $\frac{1}{4}$ von seinem Wasser. Die Ursache, welche dieser Erfahrung zu Grunde liegt, ist bis jetzt nicht ausgemittelt worden und um so weniger erklärbar, als halbentwässerter Gyps mit Wasser durchaus nicht erhärtet.

Statt eines Kessels oder einer Pfanne kann überhaupt eine heiße Metallplatte benutzt werden, man muß nur gehörig umrühren, damit die Wärme recht gleichmäßig wirke, wenn man anders jener sicheren Leitung des Brennens gewiß sein will. Dieses ist nicht mehr in dem Grade der Fall bei dem Brennen des Gypses im Backofen, wie es ebenfalls sehr gebräuchlich ist. Zu dem Ende ist es besser, den Gyps nicht vorher zu pülvern, sondern die auserlesenen reinen Steine in nuß- oder eigroße Stücke zu zerschlagen, die man auf die Sohle eines geheizten Brodbackofens bringt. Bekanntlich haben diese Oefen von gewöhnlicher Einrichtung keine besondere Feuerung, sondern nur einen Arbeitsraum, auf dessen Sohle man eine gewisse Menge Reisig verbrennt. Das Backen geht alsdann lediglich mittelst der Wär-

me vor sich, die in der erhitzten Backsteinmasse der Wände aufgespeichert ist. Zum Gypsbrennen gehört ungefähr dieselbe Temperatur, wie zum Brodbacken, d. h., eine Temperatur, bei der man eben noch die Hand einige Secunden hineinhalten kann. Sowie die Ofensohle vom Feuer gereinigt und die Beschikkung eingetragen ist, verschließt man das Mundloch. Nach einiger Zeit werden einzelne Stücke als Probe gezogen. Wenn diese auf dem weißen, erdigen Bruche nur noch wenige glänzende, krystallinische, also nichtentwässerte Theile zeigen, so ist die rechte Beschaffenheit eingetreten und die Beschickung muß herausgenommen werden, um gemahlen und gesiebt zu werden. Da der gebrannte Gyps viel mürber und zerreiblicher ist, als der frische, so gewährt diese Verfahrungsweise darin allerdings einen Vortheil.

Wo man mehr im Großen verfährt, also wie in Paris z. B., ein reiches Gypslager für einen bedeutenden Markt ausbeutet, bedient man sich eigener Gypsöfen zum Brennen. Alle derartigen Oefen sind — abgesehen von einer viel mangelhafteren Leitung der Temperatur — noch mit einem Uebelstande behaftet, der den beiden ersten Fällen ganz fremd ist. Er besteht nämlich darin, daß der eingesetzte Gyps mit dem Brennstoff, oder doch mit der Flamme desselben in unmittelbare Berührung kommt. — Bekanntlich entzieht Kohle (auch Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff ꝛc.) dem Gyps in der Glühhitze seinen Sauerstoff, so daß Schwefelcalcium zurückbleibt, welches an der Luft, bei'm Anmachen, den Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt.

Die gewöhnlichste Einrichtung, Fig. 17, ist ein Mittelding zwischen Meiler und Ofen. Das Ganze bildet ein Viereck von 10 Fuß im Geviert und 9 Fuß Höhe, welches oben mit dem Gewölbe **a** bedeckt, von beiden Seiten mit den Mauern **b, b** und von

hinten mit der Mauer c (woran die Esse d) eingeschlossen ist. Die vordere Seite dagegen ist wegen des Beschickens und der Besorgung des Feuers gänzlich offen. Außer den genannten Umfangsmauern ist nichts weiter vorgesehen und die Feuerungen im Innern werden jedesmal mittelst der Beschickung selber gebildet. Die Brenner wählen nämlich die dickeren Gypsblöcke zuerst aus und setzen damit die gewölbten Canäle x, x, x in der Richtung von vorn nach der Esse zu auf. Ueber diese Canäle, welche die Feuerungen vorstellen, wird zuerst der Rest der größeren Blöcke, dann die mittleren Stücke, auf diese die kleinen Stücke und obenauf der Schutt und die Abfälle aufgeschüttet, worauf man in x x x ein Holzfeuer anzündet. Die Flamme entweicht durch die Zwischenräume und gelangt durch die Maueröffnungen y, y in die Esse.

Wenn man statt Holz Steinkohle ꝛc. braucht, so kann man zwar dieselbe Aufschichtung der Steine beibehalten, aber es muß alsdann für die Entfernung der Asche gesorgt werden. So in Fig. 18 und 19, wo unter den Gewölben x die durchbrochenen, aus Backsteinen aufgemauerten Gewölbe z liegen. Auf diesem Gewölbe liegen die Steinkohlen e, e, während die Asche durch die Zwischenräume hinabfällt. Ein besonderer Kamin ist hier nicht vorhanden.

Nach 12 bis 16 Stunden, wo die unteren Gypsblöcke bereits rothglühend geworden, ist der Gyps der obern Lagen hinreichend gahr. Bei der offenen Anlage dieser Oefen ist das Feuer sehr schwierig, aber kaum zu leiten und stets eine viel höhere Temperatur vorhanden, als nöthig und zweckmäßig ist. Die untern Gypsblöcke sind stets so überhitzt, daß sie im Wasser nicht mehr binden, oder todtgebrannt, wie man es hier ebenfalls nennt, während die

oberen Lagen nicht selten noch unvollkommen entwässert sind.

Der von Scanegatty angegebene Ofen, Fig. 20, ist bei weitem empfehlenswerther. Der gesammte innere Raum ist etwa 1 Fuß über dem Boden durch ein Gewölbe **PP** in zwei ungleiche Theile getheilt. Der obere, worin der zu brennende Gyps theils durch eine Einsatzöffnung **G**, theils durch die Mundöffnung **H** eingesetzt wird, ist mit 8 Zügen **J, J, J** versehen; den neunten Zug bildet das Rohr in der Deckplatte **M**. Der untere Theil, der Feuerraum, steht mit der vor dem Ofen gelegenen Feuerung **E** in Verbindung. Der Zugcanal **C** endigt nämlich in dem Aschenfall unter dem Rost **A**, worauf ein Steinkohlenfeuer angezündet wird. Die Flamme tritt bei **x** unter das durchbrochene Gewölbe **P**, wo sie gleichmäßiger über den Querschnitt des Ofens vertheilt, durch die Schlitze **e** desselben, aufwärts durch den Gyps nach den Zügen **J, J, J** gelangt. Ist die Hitze nicht gleichförmig in dem Ofen, so öffnet man die Register **J, J** an jener Seite, wo sie zu schwach ist und man das Feuer hinleiten will, während man auf der entgegengesetzten Seite schließt. Die Oeffnung **L** dient zur Reinhaltung des Feuerraums; diese, sowie **G** und **H**, sind während des Brandes geschlossen. Sobald die Temperatur bis zum Erscheinen des Wasserdampfes aus den Registern **J** gestiegen ist, sucht man sie auf dieser Höhe zu erhalten, und überzeugt sich von Zeit zu Zeit, ob eine darüber gehaltene, kalte Metallplatte noch lebhaft mit Feuchtigkeit beschlägt. Wenn diese Erscheinung abnimmt, so werden alle Zugänge geschlossen und man läßt den Gyps so 12 bis 15 Stunden erkalten. Der Ofen hat 325 Cubikfuß Rauminhalt und faßt 220 Cubikf. Gyps, so daß etwa 100 Cubikf. auf die Zwischenräume kommen.

Das Verhalten des Gypses lehrt mehr, als deutlich, daß das Brennen nur bei einer niederen und zwischen engen Grenzen eingeschlossenen Temperatur mit Erfolg Statt finden kann.

Dieser Anforderung und den mit dem freien Feuer verknüpften Uebelständen gegenüber, wäre es unbegreiflich, warum man in der Praxis die alte Methode, wo es sich um den Betrieb im Großen handelt, nicht längst gegen das Brennen mit Dampfheizung, oder mit heißer Luft vertauscht hat, wie schon mehrfach vorgeschlagen worden, wenn nicht die Einfachheit und Wohlfeilheit der Behandlung eine naheliegende Erklärung böte. Am Leichtesten ließe sich die Temperatur des Dampfes durch geeigneten Druck reguliren, während heiße Luft den Vortheil gewähren möchte, daß sie unmittelbar durch die Gypsmassen geleitet werden kann, was bei dem Dampfe unmöglich angeht. Ueberhitzung, Unterhitzung, Todtbrennen, Verwandlung in Schwefelcalcium ꝛc. würden gänzlich wegfallen.

Von den beschriebenen Oefen älterer Art ist es am mißlichsten, daß man den Gyps in großen Stücken einsetzt oder einsetzen muß, die sich so schwer bis auf den Kern durchbrennen. Es ist also bei einem Ofen ein Vorwurf an sich, wenn seine Einrichtung das Kleinschlagen der Gypsblöcke bis zur Größe einer Nuß oder eines Eies verbietet.

Das Pülvern des gebrannten Gypses hat bei seiner Mürbheit wenig Schwierigkeiten. Es geschieht theils in Stampfmühlen, theils unter stehenden Mühlsteinen, am häufigsten aber in Mühlen nach Art der Getreidemühlen, oder in diesen selber. Auch Walzenmühlen sind empfohlen worden. Ebenso geeignet wie Mühlen mit Steinen sind die bekannten Pulverisirtonnen. Zum Abgießen von Medaillen, Bildwerken, auch zu Stuccaturarbeit ist ein feines und

gleiches Korn erforderlich; der Gyps muß zu diesen Zwecken einen gleichmäßigen Staub bilden.

Für die Wärmeentwickelung, welche jedesmal eintritt, wenn der Gyps Wasser bindet, gilt das gleiche, wie bei'm Kalk. Obgleich der Gyps nur etwa $\frac{1}{4}$ seines Gewichts an Wasser wirklich chemisch bindet, so hat er doch die Eigenschaft, noch zu einer festen, zusammenhängenden Masse zu erstarren, wenn er mit einem gleichen Gewicht und mehr, kurz, mit soviel Wasser angemacht wird, daß er damit einen Brei bildet. Es entsteht nämlich durch Aufnahme der zwei Aequiv. Wasser aus den Pulvertheilen ein poröses Haufwerk, oder vielmehr Gewebe von Gypskrystallen, welche den Ueberschuß an ihren Zwischenräumen mechanisch aufnehmen und bei'm Trocknen an die Luft abgeben. Anfangs ist die frischerstarrte, noch feuchte Gypsmasse sehr weich, gewinnt aber ihre volle Härte mit dem Austrocknen, wobei sich der im überschüssigen Wasser gelöst'e Gyps allmählig absetzt und die erstarrten Theilchen noch fester aneinanderkittet. Erhärteter Gyps steht in seiner Härte weit unter den gewöhnlichen Steinen und kann, obgleich er ziemlich klingend ist, doch leicht mit dem Fingernagel geritzt werden. Die Fähigkeit des Gypses mit einem großen Ueberschuß an Wasser noch zu erstarren, ist überaus wichtig, weil er natürlich nur als flüssiger Brei gehörig in die Vertiefung und Feinheit der Form eindringt. Für sehr zarte Formen, z. B., Medaillen, muß der Brei dünnflüssiger sein, als für gröbere Formen. Je dünner der Gyps aber angemacht war, um so lockerer und poröser der Guß und umgekehrt. Dieser nützliche Wink erfährt in der Praxis vielfache Berücksichtigung; so weiß man, z. B., bei den Gypsformen für die Töpferei den nöthigen Grad von Porosität genau durch einen bestimmten Wasserzusatz hervorzubringen. Die Menge

des Wassers hängt aber sehr viel von der jedesmaligen Beschaffenheit des Gypses und von dem Grade des Brennens ab; ebenso die Zeit der Erhärtung. Im Allgemeinen ist diese für gleichstark gebrannten Gyps um so bedeutender, jemehr fremde Theile er enthält (z. B., kohlensauren Kalk) und je verdünnter der Brei war.

Bei einem übermäßigen Wasserzusatze nehmen die Gypstheilchen zwar davon das Nöthige auf, aber ohne einander zu binden; ebenso verliert gebrannter Gyps seine Erhärtungsfähigkeit, wenn er längere Zeit der feuchten Luft ausgesetzt war. Wird regelmäßig erstarrter Gyps in Wasser getaucht, so wird er darin mehr und mehr weich bis zum endlichen Zerfallen.

Bekanntlich gießt man zur Vervielfältigung von Kunstwerken ꝛc. den Gyps vielfach in Gypsformen. Damit nun der Abguß nicht mit der Form zusammenwachse, tränkt man die letztere mit Oel, oder, besser, mit einer Salbe aus Oel und Seife, aber so, daß nichts davon über die Gypstheile hervorsteht. — Von der Härte und Dichtigkeit, die man dem Gusse zu geben wünscht, von dem Erforderniß einer raschen oder langsamen Erstarrung, von der Feinheit des Gegenstandes, und endlich von der Beschaffenheit des Gypses selbst hängt es ab, ob man ihn zu einem flüssigeren oder steiferen Brei anmachen muß.

Bei der Nachbildung von Kunstwerken mittelst Gypses handelt es sich zunächst um die Herstellung der Form. Diese hat nur unbedeutende Schwierigkeiten, wenn der Gegenstand flach und einseitig ist, wie viele Medaillons, Münzen ꝛc., wo keine einspringende Winkel das Abziehen der Gypsform verhindern. Solche Formen werden aus Einem Stücke gemacht.

Sehr bedeutend sind die Schwierigkeiten, wenn es die Gestalt des abgeformten Gegenstandes unmöglich macht, ihn aus der Gypshülle (der Form) herauszunehmen, ohne diese zu beschädigen oder zu zerstören, wie bei Statuen ꝛc. In diesem Falle muß die Form aus soviel Theilen angefertigt werden, daß man jeden einzelnen bequem von dem Modell abziehen kann. Alle diese Theile zusammengefügt, bilden nachher die Gießform. Es giebt drei Wege, solche Formen zu machen:

Entweder formt man die einzelnen Theile als ebensoviele gesonderte Gegenstände ab und fügt diese Theilformen nachher aus der Hand und unabhängig vom Modell (durch Zurichten der Kanten ꝛc.) zu einer einzigen Form an einander;

oder man umgießt das Modell mit einer einzigen Gypsmasse, die man alsdann in Theile zerbricht und ablös't. Um dies mit mehr Regelmäßigkeit thun zu können, schneidet man von außen zuerst Fugen bis nahe auf das Modell ein. Alsdann springen die Theile nach der Richtung dieser Einschnitte.

Im ersten Falle hängt zuviel von der Geschicklichkeit des Künstlers ab und die Abgüsse werden selten treu. Bei der zweiten Art dagegen ist dies in hohem Grade der Fall, allein die zackigen Bruchränder bröckeln schon nach dem ersten Abgusse so stark aus, daß alsdann störende Gußnähte u. s. w. entstehen. Deßhalb ist der einzige Weg, zugleich scharfe und zahlreiche Abgüsse mit derselben Form zu erzielen, wenn man diese

endlich, drittens, stückweise auf dem Modell gießt. Zu dem Ende begränzt man den ersten Formtheil auf dem Modelle mit einem Thonrand und gießt Gyps ein. Der erstarrte Formtheil wird nunmehr abgehoben, seine Ränder keilförmig abgeschrägt, in dieselben ringsum halbkugelige Vertiefungen einge-

graben, worauf man ihn fettet, wieder auf die betreffende Stelle des Modells aufsetzt und einen zweiten Formtheil gerade daneben gießt. An jenen kugelförmigen Vertiefungen werden nun Erhabenheiten entstehen, mittelst welcher dann die Formtheile sicher und fest aneinandergepaßt werden können. So fährt man fort, bis der ganze Umfang vollendet ist. Eine solche Form liefert 60 und mehr gute Abgüsse, ehe die feineren Theile stumpf erscheinen.

Die meisten, besonders größern Abgüsse werden, der Ersparniß und größerer Leichtigkeit halber, hohlgegossen. Zu dem Ende gießt man erst sehr flüssigen Gypsbrei in die Form, die man so lange umschwenkt, bis dieselbe eben starr wird, und bringt dann als zweite und Verstärkungsschichte die nöthige Menge von steiferem Brei ein. Ueberhaupt ist es sehr gerathen, bei besonders feinen Gegenständen und delicaten Formen zuerst einen Anstrich von feinstem Gypsbrei mit dem Pinsel zu geben, und darauf erst zu gießen. So bei Münzen mit feinem Gepräge. Auch natürliche Blätter lassen sich vortrefflich abgießen, wenn man sie auf einer passenden Unterlage gehörig stützt, dann anstreicht und, wann sie steif geworden, mit einer dicken Schicht Gyps übergießt. — Besonders nutzlich ist ein solcher Anstrich dadurch, weil keine Luftblasen an die Oberfläche kommen können.

Für das Abgießen von Gegenständen in den genauen ursprünglichen Dimensionen ist zu bemerken, daß der Gyps bei'm Erhärten sich um ungefähr ein Procent ausdehnt. Diese Ausdehnung wird natürlich compensirt, wenn man aus der Gypsform wieder einen Abguß von Gyps (nicht aber von Metall u. s. w.) macht.

In Orten, wie Paris, wird der Gyps in großer Menge als Mörtel zu Verputz angewendet. Wäh-

rend bei gelöschtem Kalke der Zusatz von Sand verbessernd und wesentlich ist, so findet bei'm Gypse das Gegentheil Statt. Er verträgt nicht viel, etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Sand oder Ziegelmehl und erhärtet damit viel langsamer und schlechter, als im reinen Zustande.

Gypsbewurf an Wänden ꝛc. lassen sich leicht schleifen, poliren und färben, so daß sie den natürlichen Marmor täuschend nachahmen. Solche Arbeiten sind unter dem Namen Stucco bekannt, worunter man wohl auch architectonische Gypsverzierungen überhaupt versteht.

Für Stucco legt man zuerst einen Grund von rauherem, gröberem Gypse, worauf man den feinern Gyps mit Leimwasser anmacht und ebenfalls aufträgt. Damit man die gehörige Zeit habe, muß er so gerichtet werden, daß er erst in 20 bis 30 Minuten erstarrt. Durch Mitwirkung des Leimwassers wird der trockene Ueberzug fest genug, um sich mit Bimsstein eben schleifen zu lassen. Die ebengeschliffene Oberfläche reibt man nunmehr, um alle Poren und Vertiefungen möglichst auszufüllen, mit Gypsbrei ein, den man mit stärkerem Leimwasser angemacht hat, was erforderlichen Falles wiederholt wird. Nach dem völligen Trocknen ist die Oberfläche durch den Einfluß des Leimwassers hart genug geworden, um mit Tripel und Leinwandballen polirt werden zu können. Inzwischen tränkt man den Succo mittelst einer Bürste mit Leinöl.

Durch Zusatz einer Erdfarbe, wie Mennig, Schüttgelb, Engelroth, Umbra, Kienruß, Indigo ꝛc. zu dem Leimwasser, womit man nachher den Gyps anrührt, lassen sich alle Farben erzeugen. Wenn man ferner verschieden gefärbte Gypsschichten der Art übereinanderlegt, so wird der Durchschnitt gebändert; wenn man die Lagen durch Kneten und Dehnen verzieht und ineinander verwebt, so wird er marmorirt

erscheinen. In der That besteht der farbige Stückmarmor nur aus den Querschnitten solcher aufeinandergelegten Kuchen.

Das Härten. — Bei der großen Weichheit und Ritzbarkeit, folglich geringen Dauer des gegossenen Gypses hat man sich längst nach Mitteln umgesehen, diese Eigenschaft zu verbessern. Die Mittel und Wege, die man nach und nach aufgefunden hat, machen zusammen das, was man gewöhnlich das „Härten" nennt.

Vorerst verdient eine Beobachtung Gay-Lussac's Erwähnung, wonach unter gleichen Umständen der härteste rohe Gyps auch nach dem Brennen den härtesten Guß giebt und umgekehrt. Eigentliche Härtungsmittel sind, neben dem Leime, bei'm Stucco, besonders die folgenden:

Nach Tissot wird der gebrannte Gyps nach dem Anmachen und Erhärten mehrmals abwechselnd in Wasser getaucht und dazwischen wieder getrocknet. Es scheint dieses Verfahren lediglich auf eine vermehrte Aneinanderkittung der Theile durch Krystallisation hinauszugehen.

Weit bessern Erfolg und interessanter ist das anfangs von Pauware angegebene, nachher von Greenwood verbesserte Verfahren, Gyps mittelst Alaun zu härten, worüber neuerdings Elsner wichtige Erfahrungen bekannt gemacht hat. Man hat also zweierlei Alaunhärtungen zu unterscheiden:

Bei der ersten werden fertige Gypsgüsse mit Alaunlösung behandelt. Eine große Büste wurde einen Monat lang in eine Lösung von eisenfreiem Alaun in 12 bis 13 Theilen Wasser von 15° C. gelegt, und nach Ablauf dieser Zeit abgespült und in einem warmen Luftstrome getrocknet. Während sie vorher leicht mit dem Nagel geritzt werden konnte, zeigte sie nunmehr eine bedeutende Härte und färbte

durchaus nicht mehr ab, wie sie vorher gethan. Sie ertrug sogar starke Schläge mit einem eisernen Hammer, ohne zertrümmert zu werden. Neben diesem Vorzuge zeigte sich dagegen der Nachtheil einer fleckigen, in's Graue gehenden, Farbe und einer Unbeständigkeit gegen den Einfluß der Feuchtigkeit. In reines Wasser gesenkt, werden so gehärtete Abgüsse so weich, daß sie leicht Eindrücke der Finger annehmen

Nach der zweiten Methode, mit Alaun zu härten, behandelt man Gypsblöcke, wie sie aus dem Ofen kommen, mit Alaunlösung, wie oben — oder rührt gepülverten Gyps mit solcher Lösung an — und brennt dann zum zweiten Mal im Gypsofen, oder im Tiegel, bei der Rothglühhitze. Anhaltende, gleichmäßige Temperatur ist sehr wesentlich dabei. — Der gealaunte und zum zweiten Male gebrannte Gyps hat ein mattes, milchweißes oder schwach isabellfarbenes Ansehen und ist leicht pulverbar. Bei übertriebener Hitze werden die Blöcke an den Kanten steinhart, schwer pulverbar und sind wirklich todtgebrannt. Richtig gebrannter Alaungyps dagegen erstarrt nach dem Pülvern und Brennen eben so leicht wie gewöhnlicher Gyps. Wird das Gypsmehl mit Wasser angemacht, so wird zwar das Wasser gebunden, aber das Product hat keine bemerkenswerthe Härte. Dieses tritt nur dann gehörig hervor, wenn man das Pulver des gealaunten und gebrannten Gypses nicht mit Wasser, sondern mit Alaunlösung ($\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{13}$ Alaun) anmacht. Gypsabgüsse bleiben nach dieser Methode gemacht, etwas länger feucht, nehmen aber eine Härte an, die der des Alabasters und Marmors gleichkommt, und erhalten besonders an dünnen Theilen und Kanten eine Art Durchscheinenheit, welche ihnen das Ansehen dieser Steine giebt. Dickere Platten sind kaum mit Hammerschlägen zu zertrümmern. Die Oberfläche

nimmt eine gute Politur an und ist weiß, mit einem Stich in's Isabellfarbige. Platten, Monate lang allen Unbilden der Witterung im Winter ausgesetzt, bleiben unversehrt, ohne im Mindesten ihre Härte zu verlieren. Die Oberfläche kann mit nassen Tüchern ohne die geringste Beschädigung abgewaschen werden. Ja, weder Eintauchen in kaltes oder stundenlanges Liegen in kochendem Wasser vermag dem gehärteten Gyps etwas von seiner Härte zu benehmen. (Elsner.)

Die chemische Erforschung des Vorganges der Gypshärtung durch Alaun ist bis jetzt eine bedauerliche Lücke geblieben. Vielleicht, daß zwischen dem schwefelsauren Kalke und der schwefelsauren Thonerde eine ähnliche Verwandtschaft existirt, als sie zwischen dieser und der schwefelsauren Bittererde bekannt ist.

Eine andere Eigenschaft des Gypses, die möglicher Weise damit in Beziehung steht, ist zum Schlusse noch zu erwähnen. Es ist nämlich am Eingange dieses Abschnittes darauf hingewiesen worden, daß 1 Aeq. Wasser im Gyps ein salinisches sei und folglich durch Salze vertreten werden könne. Es findet bei der Bindung dieser Salze gerade so gut Erstarrung Statt, wie mit Wasser, ohne daß übrigens eine größere Härte solchen Gyps auszeichnet. Lösungen von kohlensaurem, schwefelsaurem, kieselsaurem Kali bewirken eine weit schnellere Erhärtung, als Wasser; bei weinsaurem Natronkali oder Seignettesalz erfolgt sie augenblicklich. Die erhärtete Masse sieht aus wie gewöhnlicher Gyps, erhärtet aber von Neuem, wenn sie wieder gepülvert und mit der Lösung eines Kalisalzes angemacht wird. Doppeltkohlensaures Kali wird vom Gypse zersetzt, indem

Kohlensäure entweicht; Aetzkali zerlegt einen Theil des Gypses, worauf in beiden Fällen Erstarrung erfolgt. Chlorsaures, salpetersaures Kali und die Natronsalze wirken nicht dahin.

Viertes Capitel.

Von dem Holze.

Das Holz bildet die Hauptsubstanz des Stammes und der Aeste an Bäumen und Sträuchern. Die verschiedenartigen Theile, aus welchen ein solcher Stamm besteht, erkennt man sehr deutlich, wenn man dieselben quer durchschneidet und die Schnittfläche betrachtet. Hier bemerkt man als äußerste Hülle des Ganzen die aus Zellgewebe bestehende Rinde; zunächst innerhalb derselben den Bast, eine aus mehr oder weniger losen, sehr biegsamen Längenfasern gebildete Schicht; dann den Splint, eine weiche, holzartige Masse, welche wie ein Ring das eigentliche Holz umschließt und sich von demselben durch eine hellere Farbe auszeichnet; endlich das (gewöhnlich vom Splint scharf abgegrenzte) Holz selbst, den innern Theil des Stammes, welcher im Mittelpuncte die mit lockerm Zellgewebe ausgefüllte (gegen die Holzmasse in der Regel sehr unbedeutende) Markröhre enthält.

Das Holz nimmt von dem Splint aus nach der Mitte hin in bemerkbarem und oft sehr auffallendem Grade an Dichtigkeit und Schwere, Härte und Festigkeit, sowie an Dunkelheit der Farbe zu, weßhalb

man gewöhnlich den innersten Theil mit dem besondern Namen Kern oder Kernholz bezeichnet, wogegen man das zunächst am Splint liegende das junge Holz nennt. Diese letztere Benennung rechtfertigt sich vollkommen durch den Vorrang, welcher bei'm Wachsen der Bäume Statt findet. Jedes Jahr wird nämlich eine Lage Bast unter der Rinde neu erzeugt, während der alte Bast sich zu Splint verdichtet und der Splint allmählig zu Holz wird. Da diese Zunahme der Holzmasse in unsern Climaten nicht einen gleichmäßigen Gang fortgeht, sondern durch den Winter unterbrochen wird, so entstehen hierdurch sichtbare, ringförmige und concentrische Lagen, die man mit dem Namen der Jahrringe oder Jahre bezeichnet, und deren scharfe Abgrenzung dadurch besonders hervortritt, daß der innere Umfang eines jeden Ringes größer ist, als der äußere. Diese Ringe sind gewöhnlich in der Gegend des Kerns breiter, als nahe am Splint und auch an der Seite eines Baumes, welche nach Süden gestanden hat, breiter, als in den übrigen Theilen des Umkreises. Auf der Längenschnittfläche des Holzes bilden sie Streifen nach der Richtung der Fasern. Bäume verschiedener Art bieten meist ein auffallend verschiedenes Ansehen der Ringe dar. An den dichten und harten, in heißen Erdgegenden wachsenden Hölzern sind die Jahrringe weniger und oft fast gar nicht deutlich zu unterscheiden. Außer den Längenfasern, aus welchen das Holz hauptsächlich besteht, bemerkt man in denselben auch Querfasern (die Markstrahlen), welche in der Richtung vom Halbmesser strahlenartig von dem Mittelpuncte gegen die Rinde laufen und durch ihre Vereinigung Blättchen oder Streifen bilden, die sogenannten Spiegel, mit welchen die Längenfasern mehr oder weniger stark durchwachsen erscheinen. Nach den Richtungen der Spiegel erfolgt (besonders, wenn

letztere groß oder breit sind) am leichtesten das Spalten des Holzes. Auf der Fläche solcher Holzstücke, welche nach dem Spiegel oder Spalt, d. h., in der Richtung der Stammhalbmesser, geschnitten oder zugerichtet sind, bemerkt man die Spiegel als glänzende Flecken; sie zeigen sich dagegen als schmale, mit den Längenfasern parallellaufende Striche dort, wo die Schnittfläche die Richtung einer Tangente zu den Jahrringen hat, also die Fläche der Spiegel durchkreuzt. Wie die Jahrringe, so sind auch die Spiegel durch ihre Menge, Größe und sonstige Beschaffenheit sehr oft dermaßen charakteristisch, daß sie wesentliche Kennzeichen verschiedener Holzarten abgeben, selbst wenn diese durch mancherlei Zubereitungen übrigens ein verändertes Ansehen bekommen haben. In den Hölzern mancher Bäume sind alle Spiegel sehr dünn und klein; in andern zeichnet sich eine geringe Anzahl derselben durch ihre Größe aus, während die übrigen oft nur mit dem Vergrößerungsglase entdeckt werden können. In einem und demselben Stamme stehen die Spiegel einander näher in der Gegend des Kerns, und mehr zerstreut in der Nachbarschaft des Splints; daher und weil selbst das Holz von einerlei Baumart unter Umständen verschieden ist, läßt sich nichts unbedingt Gültiges über die Anzahl der Spiegel auf bestimmtem Raum ergeben. Jedoch kann, um hierüber wenigstens einen Begriff zu verschaffen, angeführt werden, daß (in der Richtung der Jahrringe gezählt) auf einem Zoll ungefähr Spiegel enthalten sind: bei Linden-, Ahorn-, Birken- und Kirschbaumholz 100 bis 120; bei Apfelbaum-, Eschen- und Mahagoniholz 120 bis 140; bei Tannen-, Fichten- und Weidenholz 130 bis 160; bei schwarzem Ebenholz 150 bis 200; bei Birnbaumholz 200 bis 240; bei Rothbuchen und Weißbuchenholz 100 bis 120, wovon nur 10 bis 15 mit freiem

Auge zu sehen sind; bei Eichenholz 150 bis 200, davon 5 bis 15 dem unbewaffneten Auge sichtbar.

Die Längenfasern, aus welchen das Hauptgewebe der Holzmasse besteht und welche vorzugsweise vor den Spiegelfasern sichtbar hervortreten, begründen die größte Eigenthümlichkeit des Gefüges bei'm Holze. Das faserige oder sehnige Gefüge mancher Metalle ist hiermit, in Beziehung auf die Bearbeitung, gar nicht in Vergleich zu stellen; denn bei keinem Metalle tritt ein, was bei'm Holze jederzeit sehr bemerkbar ist, daß die Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge mit verschiedenem Grade von Leichtigkeit Start findet, je nachdem in verschiedener Richtung auf die Fasern gewirkt wird. Wie da überdieß von der Lage der Fasern auch das Verhalten des Holzes in noch anderen Beziehungen abhängt, so wird es wichtig, hierfür allgemein einzuführen. Man bezeichnet mit Langholz, Längenholz die Richtung parallel zu den Fasern; mit Querholz die Richtung, welche in der Ebene der Fasern rechtwinkelig gegen dieselben ist; mit Hirnholz oder Hirn die Ebene, welche mit der Ebene der Fasern einen rechten Winkel macht. Auf den zwei Hirnseiten oder Hirnenden eines Holzstücks sind also die Querschnitte sämmtlicher Fasern, nebst den zwischen selben befindlichen Poren, sichtbar. Diese Poren sind die Oeffnungen der Gefäße, in welchen die Säfte des Baumes enthalten sind; und da sie niemals fehlen, so ist selbst das dichteste Holz noch porös, d. h., seine Fasern lassen zwischen sich eine Menge kleiner Räume. Aber die Hölzer von verschiedenen Bäumen besitzen diese Eigenschaft in sehr verschiedenem Grade: bei einigen sind die Poren fein und gleichförmig (z. B., Ahorn, Birnbaum, Linden), bei andern zum Theil groß und sehr in die Augen fallend (z. B., Eichen, Nußbaum, Mahagoni, Eschen).

Die Fasern der Hölzer bieten noch andere Verschiedenheiten dar. Bald sind sie fein, bald grob, bald völlig schlicht oder gerade, bald krumm oder gewunden, wodurch die Bearbeitung oft sehr erschwert wird, weil bei einiger Anwendung von Gewalt leicht Theile ausreißen oder wegbrechen (verwachsenes Holz). Ein krummfaseriger Wuchs ist manchen Holzarten wesentlich und durchaus eigen; aber auch andere zeigen diese Erscheinung, wenn die Bäume auf ungünstigen Standpuncten schlecht gewachsen oder verkrüppelt sind. Die Wurzeln und die untersten Theile der Stämme, sowie knorrige Stammauswüchse, sind immer krummfaserige, und oft erscheinen deren Fasern sogar auf das Sonderbarste durch einander gewirrt. Hierdurch entsteht jene, wegen ihrer schönen und feinen Zeichnung sehr geschätzte Abänderung der Hölzer, welche man mit dem Namen Maser, Maserholz, Flader belegt.

Außer der Textur oder dem Gefüge der Holzarten sind noch andere physische Eigenschaften derselben von Wichtigkeit, nämlich: ihre Farbe, Härte, Schwere, Festigkeit, Biegsamkeit, Zähigkeit, Elasticität und Spaltbarkeit, weil sich darauf die größere oder geringere Anwendbarkeit zu verschiedenen Zwecken gründet.

An Farbe sind die Hölzer bekanntlich ungemein verschieden, indem vom Gelblichweißen an bis zum tiefen Schwarz eine Menge Abstufungen von Gelb, Braun, Roth u. s. w. vorkommen. Die meisten europäischen Holzarten haben eine weiße, gelbliche, bräunliche oder röthliche Farbe von nicht ausgezeichnetem Ansehen; besonders schöne und starke Färbung findet sich fast nur an den Holzarten aus den heißen Erdtheilen. Die Farbe ist häufig in einem und demselben Stamme ungleich und bietet Flecken, Streifen, Adern, Wolken, Flammen u. s. w. dar, welche

meist als eine Schönheit des Holzes geschätzt werden. Schon oben ist bemerkt worden, daß der Kern gewöhnlich dunkler von Farbe ist, als das äußere Holz und der Splint; letzterer hat zuweilen eine ganz entgegengesetzte Farbe, wie denn, z. B., der Splint am schwarzen Ebenholze weiß ist. Holz von alten Bäumen ist dunkler, als das von jungen Bäumen derselben Art.

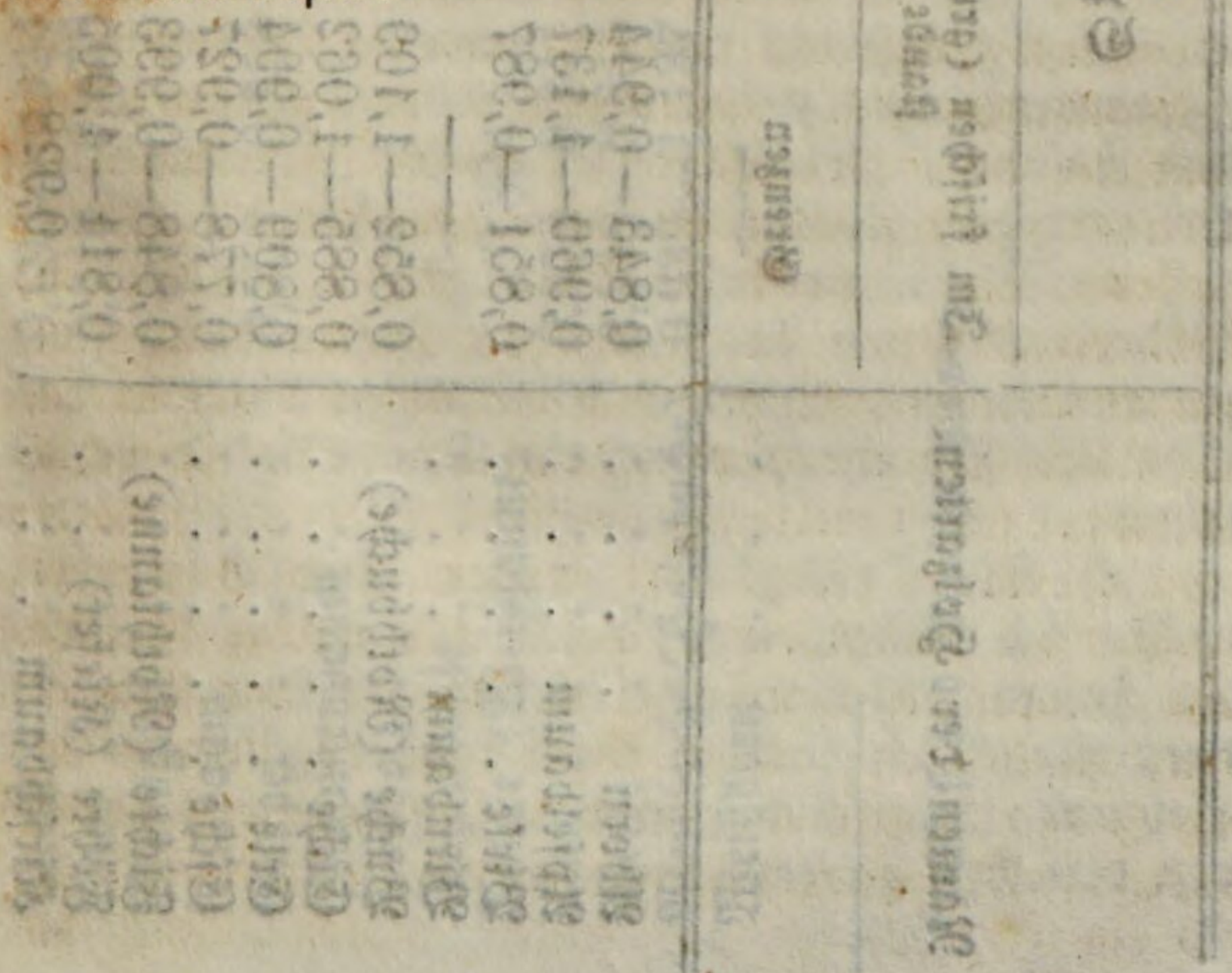
Angeführt muß endlich werden, daß die meisten oder alle Holzarten, selbst nach der Vernarbung, bedeutend nachdunkeln, d. h., mit der Zeit eine tiefere Farbe annehmen, was so weit geht, daß solche, die im frischen Zustande braun oder überhaupt ziemlich stark gefärbt waren, nach und nach fast schwarz werden. Die Farbe kann daher (selbst in der Voraussetzung, daß sie bei'm Verarbeiten ganz unverändert gelassen wurde) nur mit Rücksichten als ein Kennzeichen der Hölzer benutzt werden welches lange nicht von eben so großer Bedeutung ist, als andere Eigenschaften, vorzüglich das Gefüge.

Hinsichtlich der Härte unterscheidet man oft die Holzarten in weiche, weil die hierher gehörigen Arten eine weiße Farbe haben, wiewohl nicht alle weißen Hölzer auch weich sind; halbharte und harte, obschon diese Eintheilung insofern unbestimmt und willkürlich ist, als zwischen diesen drei Classen keine scharfen Grenzlinien festzusetzen sind, und im Ganzen die Holzarten unzählige Abstufungen der Härte darbieten. Die härtesten Hölzer finden sich unter den in heißen Erdgegenden erzeugten, und dunkle Farbe ist sehr gewöhnlich mit größerer Härte, sowie sehr helle Farbe mit geringer Härte verbunden. Holz von alten Bäumen (wenn diese nicht etwa schon überständig sind, d. h., abzusterben anfangen) ist härter, als das von jungen gleicher Art.

Die wichtigsten Hölzer (wie Weiden, Pappeln, Tannen ꝛc.) lassen sich äußerst leicht mit dem Messer schneiden; die härtesten (z. B., Pockholz, Ebenholz, Grenadillholz) sind nur mit Mühe durch die besten schneidenden Instrumente zu bearbeiten, und nähern sich in dieser Hinsicht fast den Metallen von mittlerer Härte, z B., dem Messing. Ganz begreiflich ist für viele Zwecke (z. B., für die Anwendung von Maschinentheilen) große Härte ein Vorzug, besonders, wenn sie in Verbindung mit Zähigkeit auftritt; dagegen wird eine geringere Härte dann geschätzt, wenn es sich um die Anwendung zu Schnitzarbeit u. dergl. handelt.

Bedeutende Schwere, d. h., großes specifisches Gewicht, ist, in der Regel, den sehr harten Hölzern eigen, welche sich zugleich gewöhnlich durch ein besonders dichtes Gefüge auszeichnen. Die Holzsubstanz an sich ist auch bei den leichtesten Hölzern specifisch schwerer, als Wasser; jedoch ist die Porosität Ursache, daß die meisten Holzarten auf dem Wasser schwimmen, weil die Zwischenräume der Fasern mehr oder weniger Luft einschließen. Im frischgefällten Zustande sind alle Holzarten bedeutend (um ein Viertel oder Drittel, ja selbst um mehr, als die Hälfte) schwerer, als nachdem sie durch Liegen an der Luft (wobei die wässerigen Theile des Saftes verdunsten) gut ausgetrocknet sind. Für die Anwendung ist das specifische Gewicht der compacten, ohne Zwischenräume gedachten Holzmasse (welches, z. B., bei Tannen- und Ahornholz 1,46, bei Eichen- und Buchenholz 1,53, bei Ulmenholz 1,52, bei Linden-, Birken- und Pappelholz 1,48, bei Mahagoni 1,68 beträgt) ohne Wichtigkeit; wenn daher vom specifischen Gewichte des Holzes die Rede ist, so betrachtet man dasselbe — ohne Rücksicht auf seine Porosität — als einen Körper, der seinen Raumumfang mit

gleichmäßiger Dichtigkeit ausfüllt. Zwar ist das Gewicht verschiedener Holzarten, zum Theil sehr bedeutend, verschieden; aber nicht minder weicht es bei Stücken einer und derselben Holzart ab, indem theils Alter und Standort der Bäume darauf großen Einfluß haben, theils das Holz aus verschiedenen Theilen eines Stammes ungleiches specifisches Gewicht zeigt (der Kern, z. B., ein größeres, als die dem Splinte näher liegenden Schichten). Daher läßt sich für das Gewicht einer bestimmten Holzart nicht eine allgemein gültige Zahl, sondern nur annähernd eine höchste und eine niedrigste Grenze angeben, welche beide oft weiter aus einander liegen, als die Gewichte verschiedener Holzarten. Für practische Zwecke, zu Schätzungen, kann es indessen bequem sein, eine Mittelzahl zu gebrauchen, wenn specielle, in dem einzelnen Fall ausgemittelte Bestimmungen fehlen. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist die folgende Tabelle über das specifische Gewicht der gebräuchlichsten Holzarten entworfen:



Namen der Holzarten.	Specifisches Gewicht				Gewicht von 1 C. Fuß, lufttrocken, nach der Mittelzahl
	Im frischen (grünen) Zustande		Im lufttrocknen Zustande		
	Grenzen	Mittelzahl	Grenzen	Mittelzahl	
Ahorn	0,843 – 0,944	0,893	0,645 – 0,750	0 697	37 Pfd.*)
Apfelbaum . . .	0,960—1,137	1,048	0,734 – 0,793	0,763	41 -
Birke	0,851—0,987	0,917	0,688 – 0,738	0,713	38 -
Birnbaum . . .	——	—	0,646—0,732	0,689	37 -
Buche (Rothbuche)	0,852—1,109	0,980	0,690—0,852	0,771	41 -
Eiche	0,885—1,062	0,973	0,650 – 0,920	0,785	42 -
Erle	0,809 – 0,994	0,901	0,505—0,680	0,592	31 -
Esche	0,778—0,927	0,852	0,540 – 0,845	0 692	37 -
Fichte (Rothtanne)	0,848—0,993	0,920	0,454—0,481	0,469	25 -
Föhre (Kiefer) . .	0,811 – 1,005	0,908	0,763	0,763	41 -
Kirschbaum . . .	0,928	0,928	0,682—0,715	0,698	37 -

Lärche	0,694—0,924	0,809	0,565	0,565	30 Pfd.
Linde	0,710—0,878	0,794	0,550—0,604	0,581	31 -
Mahagoni . . .	——	—	0,563—1,063	0,813	43 -
Nußbaum . . .	——	—	0,660—0,811	0,735	39 -
Pappel	0,758—0,956	0,857	0,383—0,591	0,487	26 -
Pflaumenbaum . .	——	—	0,754—0,872	0,813	43 -
Pockholz	——	—	1,263—1,342	1,302	69 -
Roßkastanie . . .	——	—	0,551—0,610	0,580	31 -
Tanne (Weißtanne)	0,894	0,894	0,498—0,746	0,622	33 -
Ulme	0,878—0,941	0,969	0,568—0,671	0,619	33 -
Weide	0,838—0,855	0,846	0,392—0,530	0,461	25 -
Weißbuche (Hainbuche)	0,939—1,137	1,038	0,728—0,790	0,759	40 -
Weißdorn . . .	——	—	0,871	0,871	46 -

*) Meß und Gewicht hannov.

Die Festigkeit (die Stärke des Zusammenhanges) des Holzes kann bei den mannichfaltigen Anwendungen desselben auf verschiedene Weise in Anspruch genommen werden und zeigt sich hiernach sehr ungleich. Man muß unterscheiden:

a) die absolute Festigkeit, d. h., den Widerstand, welchen das Holz der Trennung seiner Theile durch Zerreißen entgegensetzt, indem ein Ende befestigt ist und am andern eine Last in der Richtung der Fasern ziehend oder spannend wirkt.

b) Die Querfestigkeit, der Querzusammenhang, wenn man mit diesen Namen den Widerstand bezeichnen will, den das Holz gegen das Zerreißen leistet, vorausgesetzt, daß die Lage der Fasern rechtwinkelig (oder schief) gegen die Richtung des Zuges ist. Man denke sich, z. B., quer von einer Bohle einen Streifen abgeschnitten, und diesen nach seiner Länge (entsprechend der ursprünglichen Bohlenbreite) durch eine Kraft angespannt. Es handelt sich hier nicht um das Abreißen der Fasern selbst (wie bei der absoluten Festigkeit), sondern um eine Trennung des Zusammenhanges zwischen den neben einander liegenden Fasern. Jedenfalls ist dieser Zusammenhang viel geringer, als die absolute Festigkeit.

c) Die Spaltungsfestigkeit, d. h., der Widerstand gegen Trennung der Fasern durch einen zwischen sie eindringenden keilförmigen Körper. Dieselbe läßt sich offenbar auf die Querfestigkeit zurückführen.

d) Die Festigkeit gegen Verschiebung, welche sich äußert, wenn durch eine in der Richtung der Fasern wirkende (oder auf diese Richtung zu reducirende) Kraft ein Theil der Fasern längs der übrigen Holzmasse fortgeschoben oder fortgezogen und dadurch von derselben getrennt werden soll.

e) Die respective oder relative Festigkeit, d. h., der Widerstand gegen das Zerbrechen, wobei das Holz an einem Ende oder an beiden Enden unterstützt (befestigt) ist, und eine Kraft rechtwinkelig gegen die Fasern, sowie gegen die Hauptdimension (Länge) des Stückes wirkt.

f) Die Drehungs- oder Windungsfestigkeit, oder der Widerstand gegen Zerbrechen durch Zusammendrehen, wobei, z. B., ein Stab an einem Ende festgehalten und am andern um seine Achse gedreht wird.

g) Die rückwirkende Festigkeit, oder die Fähigkeit, dem Zusammenstauchen oder Zerdrücken (sei es in der Richtung der Fasern oder quer auf dieselben) zu widerstehen.

Nicht nur zeigen verschiedene Holzarten verschiedene Grade von Festigkeit, sondern es ergiebt auch die Erfahrung, daß bei einer und derselben Holzart die Festigkeit sehr bedeutend ungleich ist nach dem Alter und Wuchse des Baumes, nach seinem Standort in Bezug auf Boden, Lage, Klima ꝛc., und nach dem Theile des Baumes, woraus das Holz genommen wurde (Stamm- oder Astholz, Kernholz oder Splintholz).

Die Versuche über die absolute Festigkeit der gebräuchlichsten Holzarten haben nachstehende Resultate gegeben, wobei die Pfundzahl (in hannov. oder cöln. Gewichte) die Größe der Kraft ausdrückt, welche zum Zerreißen einer Querschnittfläche von 1 hannov. Quadratzoll erfordert wird:

Ahorn	16300	Pfd.
Apfelbaum	8680	-
Birnbaum	8750 bis 9600	-
Buche (Rothbuche)	10200 bis 19360	-
Eiche	9200 bis 18400	-
Esche	15340	-
Fichte	9460	-

Föhre . . .	12760	bis 16200	Pfd.
Linde		11960	–
Mahagoni		7200	–
Nußbaum		12270	–
Pflaumenbaum		9240	–
Tanne	8950	bis 13290	–
Ulme		13190	–
Weißbuche		17670	–

Ueber die respective Festigkeit der Holzarten haben die bisher von Mehren angestellten Versuche so wenig übereinstimmende Resultate gegeben, daß man danach nicht einmal im Stande ist, die Reihenfolge mit Sicherheit zu bestimmen, in welche die Hölzer verschiedener Bäume hinsichtlich der genannten Eigenschaft zu setzen sind. Soviel scheint indessen gewiß zu sein, daß das Rothbuchenholz dem Eichenholz und dieses dem Föhrenholz an respectiver Festigkeit vorgeht. Fichten- und Tannenholz (von welchen letzteres eine etwas größere Festigkeit hat, als ersteres) scheinen nach einigen Versuchen den genannten nachzustehen, nach Andern hingegen selbst das Eichen-, ja gar das Rothbuchenholz zu übertreffen.

Ueber die rückwirkende Festigkeit, sowie über die andern oben noch genannten Arten der Festigkeit sind in Beziehung auf das Holz theils nur sehr beschränkt und unvollkommene, theils gar keine Untersuchungen bekannt.

Die Biegsamkeit des Holzes läßt sich ausdrücken durch die äußerste Größe der Biegung, welche unter festgesetzten Umständen ein an seinen beiden Ecken unterstützter, in der Mitte seiner Länge belasteter hölzerner Stab annimmt, bevor er bricht. In diesem Sinne gebraucht man dafür gewöhnlich den Ausdruck: Zähigkeit.

Vergleicht man in solcher Beziehung nach den vorhandenen Versuchen verschiedene Holzarten, so findet sich, daß die Zähigkeit des Eichenholzes = 100 gesetzt, jene des Buchen- und Tannenholzes 97, des Fichtenstolzrs 104, des Eschenholzes 108 durchschnittlich und näherungsweise beträgt. Man kann die Biegsamkeit auch (und so geschieht dies meistentheils) auf die Weise betrachten, daß man die Belastungen angiebt, welche gleiche Stäbe oder Balken aus verschiedenen Holzarten erfordern, um eine gleichstarke Biegung zu erfahren. So haben Versuche ergeben, daß horizontalliegende, an beiden Enden unterstützte Balken, um sich in der belasteten Mitte um $\frac{1}{288}$ ihrer Länge zu senken, folgende verhältnißmäßige Gewichte erfordern:

Fichtenholz 100, Tannenholz 90, Buchenholz 67, Eichenholz 62 bis 84, so daß also die Biegsamkeit, welche umgekehrt diesen Zahlen proportional gesetzt werden muß, bei Eichen- und Buchenholz etwa um die Hälfte größer ist, als bei Fichten- und Tannenholz. Frisches (grünes) Holz ist stets in viel höherem Grade biegsam und zähe, als trockenes: sowie man die Biegsamkeit des letzteren ungemein vermehrt findet, wenn man es stark durchnäßt, oder von Wasserdampf durchdringen läßt und in diesem Zustande biegt. Der Zähigkeit wird die Sprödigkeit entgegengesetzt, wiewohl letztere eigentlich nur als ein sehr geringer Grad der ersteren zu betrachten ist. Spröde sind mehre unter den sehr harten Hölzern, z. B., Ebenholz, Pockholz 2c.

Unter Elasticität versteht man bekanntlich die Eigenschaft der Körper, die ihnen durch Einwirkung einer äußern Kraft aufgedrungene Aenderung der Gestalt oder Größe von selbst wieder aufzuheben.

Sie ist bei'm Holze in bemerkbarem Grade vorhanden. Wird, z. B., ein hölzerner Stab durch eine ziehende Kraft in der Richtung seiner Fasern angespannt, so dehnt er sich etwas in der Länge aus und verkürzt sich wieder bei'm Aufhören der Spannung. Ein Stab, den man gebogen hat, springt bei'm Nachlassen der biegenden Kraft wieder in seine gerade Richtung zurück. Ueberschreitet in solchen Fällen die angebrachte Kraft nicht ein gewisses Maß, so ist die Rückkehr in den ursprünglichen Zustand vollkommen; dagegen tritt bei noch größerer Ausdehnung oder Biegung eine Modification in der Körpermasse ein, vermöge welcher ein Theil der bewirkten äußern Veränderung bleibend wird, d. h., nicht wieder verschwindet, nachdem die verändernde Ursache aufgehört hat zu wirken. Das Maß der größten Kraft, welche ein Körper auszuhalten vermag, ohne die Grenze der vollkommenen Elasticität für denselben. Ueberall, wo ein Körper als Material zu Bauwerken, Maschinen u. dergl. fortwährend eine Last, einen Druck, eine Spannung zu tragen hat, darf die Größe derselben nicht über jene Grenze hinausgehen, wenn nicht in kürzerer oder längerer Zeit die Zerstörung dadurch herbeigeführt werden soll.

In Betreff einiger Holzarten hat man die Grenze der vollkommenen Elasticität durch Versuche bestimmt. Werden prismatische Stäbe von 1 (hannov.) Quadratzoll Querschnitt in der Richtung der Fasern angespannt, so stellt sich die Belastung für die Elasticitätsgrenze und die dabei eintretende (bei'm Aufhören der Spannung eben noch gänzlich verschwindende) Verlängerung, wie folgt:

Eschenholz	3200 Pfd. (Cöln.)	$\frac{1}{385}$
Ulmenholz	2800 -	$\frac{1}{414}$
Eichenholz	3450 -	$\frac{1}{430}$

Fichtenholz	3200 Pfd. (Cöln.)	$\frac{1}{470}$
Tannenholz	3160 –	$\frac{1}{500}$
Lärchenholz	1800 –	$\frac{1}{510}$
Buchenholz	2056 –	$\frac{1}{570}$

Die angegebenen Belastungen betragen etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ derjenigen, durch welche die Hölzer zerrissen werden (d. h., der absoluten Festigkeit). Das Eschenholz ist, wie man sieht, unter den angeführten Holzarten die am meisten elastische, weil es die größte vorübergehende Ausdehnung verträgt. Die übrigen folgen nach dem Grade ihrer Elasticität in abnehmender Reihe. In Bezug auf die Elasticität bei Biegung weiß man aus Versuchen z. B., daß Stäbe von Eichen-, Buchen-, Tannen- und Fichtenholz von quadratischem Querschnitte, deren Länge das 37fache der Quadratseite beträgt, und die, an beiden Enden unterstützt, in der Mitte belastet werden, bis zu ihrer Elasticitätsgrenze eine Biegung vertragen, welche ziemlich übereinstimmend $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{36}$ der Länge gleichkommt. Hierbei sind die, jene Biegung hervorbringenden Gewichte etwa = zwei Drittel von jenen, durch welche die Stäbe zerbrochen werden (d. h., von deren respectiver Festigkeit).

Mit Spaltbarkeit bezeichnen wir die Eigenschaft der Hölzer, sich in der Richtung ihrer Fasern durch ein eingetriebenes keilförmiges Werkzeug in mehr oder weniger regelmäßige Formen zersprengen zu lassen. Die Zertheilung erfolgt hierbei nach den Ebenen der Spiegel leichter und schöner, als nach dem Laufe der Jahrringe. Je gerader und ebener die Spaltungsflächen, je genauer parallel dieselben in allen Theilen eines Holzstückes sind, desto vollkommener ist die Spaltbarkeit. Jene Holzarten sind die spaltbarsten, welche sehr gerade, nicht zu fein und nicht zu dicht verbundene Fasern und große, ebene Spiegel haben, auch einen ziemlichen Grad

von Elasticität, aber eine nicht zu große Querfestigkeit besitzen. Zu den bestspaltenden Hölzern gehören: Rothbuchen, Eichen, Eschen, Erlen, Tannen (und etwas minder die übrigen Nadelhölzer); zu den schwerspaltenden: Weißbuchen, Schwarzpappel, Ulme, Birnbaum, Apfelbaum. Gar nicht zu spalten, sind die Maserhölzer.

In chemischer Hinsicht ist an dem Holze die eigentliche Holzsubstanz (Holzfaser) von den in deren Zwischenräumen eingeschlossenen Substanzen zu unterscheiden. Erstere ist, in ihrem reinen Zustande, bei allen Holzarten von ganz gleicher chemischer Beschaffenheit und besteht aus einer Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in unwandelbarem Mengenverhältnisse *). Sie ist völlig unauflöslich in Wasser; alkalische Auflösungen wirken bei gewöhnlicher Temperatur wenig darauf; starke Säuren aber greifen dieselbe bedeutend an und verwandeln sie endlich ganz in andere Stoffe; so bewirkt concentrirte Schwefelsäure (auch verdünnte, bei Anwendung von Wärme) eine Verkohlung und davon abhängende Schwärzung des Holzes, Salpetersäure eine Gelbfärbung (mit welcher letzteren keine weitere auffallende Veränderung verbunden ist, wenn man sehr verdünnte Säure anwendet, wogegen starke Salpetersäure zugleich den Zusammenhang der Fasern zerstört). Die in den Holzarten außer der Fasersubstanz vorhandenen Stoffe sind mannichfaltig und wohl in jeder Baumart von eigenthümlicher Beschaffenheit und Mischung. Im Allgemeinen können vorzüglich gezählt werden: Extractivstoff, Farbstoffe, Gallussäure, Gerbstoff, Gummi oder Pflanzenschleim, Harze, ätherische Oele, Zucker, verschiedene Salze, endlich erdige Bestandtheile und Metalloxyde (welche in der Asche nach

*) In 100 Theilen 52,4 K., 5,7 W.

dem Verbrennen des Holzes zurückbleiben). Diese Substanzen gehören dem Nahrungssafte und den übrigen Säften der Bäume an, welche, nachdem sie mehr oder weniger vollständig ausgetrocknet sind, die in ihnen aufgelös't gewesenen Bestandtheile in den Poren der Holzmasse zurücklassen.

Der in dem frischgefällten Holze enthaltene, erst nach und nach austrocknende wässerige Saft (Nahrungssaft), welcher eine Auflösung mehrer obengenannter Stoffe in Wasser ist, begründet — in Vereinigung mit der faserigen Textur des Holzes — die Erscheinungen des Schwindens, Ziehens oder Werfens und Reißens, welche für die Verarbeitung von größter Wichtigkeit sind. Die Menge Feuchtigkeit, welche das frische oder grüne Holz enthält, ist bedeutend, übrigens nach der Baumart und nach andern Umständen verschieden. Sie beträgt ungefähr: bei Weißbuchen 20, Birken 30, Eichen 35, Buchen und Föhren 39, Erlen 41, Tannen 45, Pappeln und Weiden 50 Procent des Gewichts. Das im Frühjahre gefällte Holz ist saftreicher, als das zur Winterszeit geschlagene. Wenn das Holz nach dem Fällen längere Zeit im Trocknen liegt, so verdunstet ein großer Theil seines Wassergehaltes. Dichte, harte Holzarten (Eichen, Weißbuchen ꝛc.) trocknen unter gleichen Umständen langsamer, als weiche und lose (Erlen, Linden, Weiden, Pappeln); ganze Stämme langsamer, als gespaltenes oder zerschnittenes Holz, weil letzteres der Luft mehr Berührungsfläche darbietet. Der Erfahrung nach enthalten unsere europäischen Hölzer, nachdem sie gespalten ein Jahr lang an der Luft gelegen haben, höchstens noch 20 bis 25 Proc. Feuchtigkeit. Unter 11 Proc. sinkt der Wassergehalt nie, wenn nicht die Austrocknung durch künstliche Wärme (z. B., im geheizten Zimmer) unterstützt wird, oder das Holz in sehr

dünne Theile gespalten ist. Wohl aber zieht das schon lufttrockene (und ebenso das durch Wärme getrocknete) Holz wieder eine größere Menge Wasser an, wenn es feuchter Luft ausgesetzt wird, oder gar im Nassen liegt. Es wechselt daher der Gehalt an Feuchtigkeit fast beständig in solchen Hölzern, welche dem Einflusse der Witterung bloßgegeben sind. Durch den Verlust von Wasser bei'm Trocknen zieht sich das Holz in einem kleinern Raume zusammen (das Schwinden); durch Wiederaufnahme von Feuchtigkeit dehnt es sich aus (das Quellen); kann es dem Bestreben zu schwinden oder zu quellen nicht ungehindert in allen Theilen folgen, so krümmt es sich, oder verändert auf andere Weise seine Form (das Werfen, Ziehen, Verwerfen, Verziehen), bekommt auch wohl unter gewissen Umständen Sprünge, Risse.

Wenn das Holz, welches in ganz dünnen Theilen bei einer Temperatur von + 14 bis + 16° R. völlig lufttrocken geworden ist, nachher einige Zeit in Wasser gelegt wird, so quillt es zu derjenigen Größe vollständig wieder an, welche es im ganz grünen Zustande gehabt hat. Der Betrag dieses Quellens ist also gleich der Zusammenziehung, welche das ganz frische Holz durch Schwinden erleidet, indem es völlig lufttrocken wird. Die Schwindung ist bei verschiedenen Holzarten ungleich groß; bei einer und derselben Art am kleinsten in der Länge, d. h., nach dem Laufe der Fasern, größer in der Breite, und hier wieder zwei bis drei Mal geringer in der Richtung der Spiegel (vom Kern nach dem Splinte zu), als in der Richtung der Jahrringe. An dieser letztern auffallenden Erscheinung ist die eigenthümliche Beschaffenheit der Spiegel Ursache, welche schwammiger und mehr wassersaugend sind, als die übrige Holzmasse. Nach Versuchen von Laves ist die folgende Tabelle zusammengestellt, welche das Maß des

Schwindens verschiedener Holzarten nach den angegebenen drei Richtungen, in Procenten ausgedrückt, nachweiset. Ueber dieselbe ist zu bemerken: 1) daß die Versuche mit sehr dünnen Holzstücken angestellt wurden; 2) daß die Schwindungsgröße als der Unterschied zwischen dem ganz grünen oder künstlich im Wasser durchnäßten und dem bei 14 bis 16° R. an der Luft getrockneten Holze zu verstehen ist; daß folglich 3) das Schwinden von schon vorher theilweise ausgetrocknetem Holze — sowie das Quellen des ganz lufttrocknen Holzes, wenn dasselbe nun der feuchten Luft ausgesetzt wird — bedeutend geringer ist, als die Angaben in der Tabelle. — Spalte A enthält die Schwindung in der Richtung der Fasern; Spalte B jene rechtwinkelig gegen die Fasern in der Richtung der Spiegel (also bei Holz, welches nach dem Spiegel oder Spalt geschnitten ist); Spalte C endlich jene rechtwinkelig gegen die Fasern und zugleich rechtwinkelig gegen die Spiegel (mithin bei Holz, welches rein nach der Richtung der Jahrringe geschnitten ist). Man sieht leicht, daß bei Bretern, welche ohne Rücksicht auf die Lage der Spiegel aus den Stämmen geschnitten sind, also auf ihrer Fläche beide Querrichtungen gemischt darbieten, ungefähr eine mittlere Schwindung eintreten wird, weßhalb in Spalte D noch das Mittel aus den Zahlen von B und C aufgenommen ist.

Namen der Holzarten	Größe des Schwindens für: Längenholz Procent (A)	Querholz in der Richtung: der Spiegel Procent (B)	Querholz in der Richtung: der Jahrringe Procent (C)	Querholz im Mittel Procent (D)
Ahorn	0,072	3,35	6,59	4,97
Apfelbaum	0,109	3,00	7,39	5,19
Birken	0 222	3,86	9,30	6,58
– russisches	0,065	7,19	8,17	7,68
Birnbaum	0,228	3,94	12,70	8 32
Buchen (Rothbuchen)	0,200	5,03	8,06	6,54
– (Weißbuchen)	0,400	6,66	10,90	8,78
Buchsbaum	0,026	6,02	10,20	8,11
Ceder	0,017	1,30	3,38	2,34
Ebenholz (schwarzes)	0,010	2,13	4,07	3,10
Eichen (junges)	0,400	3,90	7,55	5,72
– altes (300 Jahre in einem Dachwerk gewesenes)	0,130	3,13	7,78	5,45
– englisches	0,140	4,00	9,29	6,64
Erlen	0,369	2,91	5,07	3,99
Eschen, junges (zu Tonnenreifen)	0,820	4,05	6,56	5,30
– altes (300 Jahre in einem Dachwerk gewesenes)	0,187	3,84	7,02	5,43
Fichten (Rothtannen)	0,076	2,41	6,18	4,29
Föhren	0,120	3,04	5,72	4,38
Grenadillholz	0,117	1,69	2,28	1,98
Jakarande	0,005	1,28	2,58	1,93
Kirschbaum	0,112	2,85	6,95	4,90

Namen der Holzarten.	Größe des Schwindens für:			
		Querholz in der Richtung:		
	Längenholz Procent (A)	der Spiegel Procent (B)	der Jahringe Procent (C)	Querholz im Mittel Procent (D)
Königsholz	0,081	2,91	4,92	3,91
Lärchen	0 075	2,17	6,32	4,24
Linden	0 208	7,79	11,50	9,64
Mahagoni	0,110	1,09	1,79	1,44
Nußbaum	0,223	3,53	6,25	4,89
Pappel	0,125	2,59	6,40	4,49
Pflaumenbaum	0,025	2,02	5,22	3,62
Pockholz	0,625	5,18	7,50	6,34
Roßkastanie	0,088	1,84	5,82	3,83
Sandelholz (rothes) . .	0,094	1,34	2,01	1,67
Tannen (Weißtannen) .	0,122	2,91	6,72	4,81
– – altes (300 Jahre in einem Dachwerke gewesenes)	0,086	4,82	8,13	6,47
Ulmen	0,124	2,94	6,22	4,58
Vogelbeerbaum	0,190	2,11	8,88	5,49
Weide	0,697	2,48	7,31	4,89
– (Trauerweide) . .	0,330	2,55	6,91	4,73
Weymuthskiefer . . .	0,160	1,80	5,00	3,40
Zuckerkistenholz	0,066	1,62 bis 4,28	4,75 bis 10,50	3,18 bis 7,39

Man sieht hieraus: 1) daß das Schwinden in der Länge jedenfalls so gering ist, daß es für die meisten Verarbeitungen des Holzes füglich ganz außer Acht gelassen werden kann, indem es bei den

am gewöhnlichsten gebrauchten Holzarten nur 0,072 Procent oder $\frac{1}{1389}$ (Ahorn) bis 0,400 Procent oder $\frac{1}{250}$ (Weißbuchen und Eichen) beträgt. 2) Daß dagegen das Schwinden in der Breite (nach der Mittelzahl) bei sehr vielen Holzarten auf 4 bis 9 Procent oder $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{11}$ steigt, daher alle Aufmerksamkeit verdient. Von dem großen Unterschiede zwischen der Windung des Längenholzes und jener des Querholzes überzeugt man sich oft an Zeichenbretern u. dergl., welche mit sogenannten Hirnleisten versehen sind; indem hier nach längerer Zeit, wenn das Bret durch Eintrocknen schmäler geworden ist, die Enden der genannten, nicht merklich verkürzten, Leisten über den Rand etwas vorspringen. 3) Daß unter allen aufgeführten Arten das Mahagoniholz am wenigsten (im Mittel 1,44 Procent oder $\frac{1}{69}$) schwindet, wie denn auch die Erfahrung bestätigt, daß dieses Holz besonders gut steht, d. h., sich unverändert erhält, wodurch es zu guten Tischlerarbeiten vorzugsweise taugt. 4) Daß zwar im Allgemeinen die sehr dichten und schweren Hölzer weniger schwinden, als andere, daß aber doch Ausnahmen von dieser Regel vorkommen, indem, z. B., das Pockholz ein starkes Schwinden zeigt, wogegen das weiche und leichte Cederholz sich umgekehrt verhält.

Könnte ein Holzstück, indem es schwindet, in allen Theilen ungehindert und gleichmäßig sich zusammenziehen (oder bei'm Quellen in eben solcher Weise sich ausdehnen), so würde nur dessen Größe, nicht aber dessen Form sich verändern. Einem solchen Erfolge stehen aber sehr gewöhnlich mehr oder weniger folgende Hindernisse im Wege: 1) ungleiche Beschaffenheit des Holzes in seinen verschiedenen Theilen (hinsichtlich des Faserlaufes und der Dichtigkeit), wodurch die Einwirkung der Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft in ungleichem Grade Statt findet.

2) Die schon berührte Ungleichheit des Schwindens nach den verschiedenen Richtungen in Beziehung auf die Lage der Fasern und Spiegel. 3) Ungleiche Dicke des Stückes an verschiedenen Stellen, woraus eine ähnliche Ungleichheit im Schwinden oder Quellen hervorgeht, weil die dickeren Theile (namentlich im Innern) langsamer und vollkommener die Feuchtigkeit fahren lassen, oder anziehen. 4) Ungleich starke oder einseitige Einwirkung der Luft, welche durch ihre Trockenheit das Schwinden oder durch ihre Feuchtigkeit das Quellen herbeiführt. 5) Die Unmöglichkeit, dem Antriebe zum Schwinden oder Quellen frei zu folgen, worin sich das Holz oft befindet, in Folge der Verbindung zwischen den Bestandtheilen eines aus Holz verfertigten Gegenstandes. — Diese Umstände sind, einzeln oder mehre zusammengenommen, Ursache, daß das Schwinden und das Quellen so häufig mit Veränderungen der Gestalt, ja im schlimmsten Falle mit Trennung des Zusammenhanges verknüpft sind; mit andern Worten: daß das Holz sich wirft (zieht) oder gar reißt, letzteres oft mit krachendem Geräusche. Die Falte, in denen, sowie die Erscheinungen, mit welchen dieß sich ereignet, lassen sich nach dem bisher Vorgekommenen erklären.

Frisches oder grünes (nasses) Holz wirft sich am leichtesten und stärksten, weil es wegen seines großen Wassergehaltes am meisten schwindet. Aus diesem Grunde muß frisch gefälltes Holz stets wenigstens mehre Monate oder ein Jahr lang in einem trockenen Raume (im Freien mindestens vor Regen geschützt) aufbewahrt werden. Harte, dichte Hölzer unterliegen, weil sie im Innern verhältnißmäßig langsamer austrocknen, mehr dem Werfen, als weiche. Eichenholz z. B. steht, bei allen seinen übrigen schätzbaren Eigenschaften, in dieser Beziehung sehr im Nachtheile gegen Linden-, Tannen-, Fichten-,

Föhrenholz. Ganze Stämme oder andere sehr dicke Holzstücke trocknen bedeutend früher und stärker auf der Oberfläche, als im Innern; und da also der Kern eines Stammes der durch das Trocknen eintretenden Zusammenziehung der äußeren Theile nicht folgen oder nachgeben kann, so entstehen Risse, welche in der Halbmesserrichtung von der Oberfläche nach Innen gehen (Trockenspalte). Die hiervon verschiedenen, sogenannten Kernrisse, welche in der Nähe der Stammenden wie ein unregelmäßiger Stern vom Mittelpuncte nach auswärts sich erstrecken, scheinen dadurch verursacht zu werden, daß die Hirnseiten, auf welchen die Saftgefäße sich öffnen, schneller nach Innen hin trocknen, als der Umfang des Stammes. Je schneller das Austrocknen Statt findet, desto weitere, aber weniger Risse entstehen. — Wenn verhältnißmäßig breite und dünne Holzstücke (z. B. Breter) sich werfen, so geschieht dieß — bei gleichförmiger Beschaffenheit der Textur — nur oder hauptsächlich der Breite nach, wobei das Ganze die Gestalt einer sehr flachen Rinne annimmt. Das sogenannte Windschiefwerden langer Hölzer (wobei dieselben eine gleichsam schraubenartige Windung annehmen) entsteht vorzüglich dann, wenn durch Verschiedenheiten in der Textur, Faserrichtung oder Dichtigkeit an verschiedenen Stellen der Länge ein ungleiches Werfen nach der Breite erfolgt. Ist ein Bret oder eine von Bretern zusammengefügte Fläche von einer Seite dem Einflusse der Feuchtigkeit (oder einer weniger trockenen Luft) unterworfen, während die andere Seite nicht so sehr derselben ausgesetzt, oder gar mit trockner und warmer Luft in Berührung ist: so liegt die Convexität der entstehenden Krümmung auf jener Seite, welche der Näsſe oder in geringerem Grade der trocknenden Einwirkung zugänglich war. Daher ziehen sich große Oberflächen von

Möbeln, die in Zimmern (besonders in geheizten) stehen, stets so, daß sie von Außen hohl (concav gekrümmt) erscheinen. Das Werfen in der Längenrichtung ist, gleiche Dimensionen vorausgesetzt, nie so bedeutend, als das des Querholzes, weil nach dem Laufe der Fasern die Schwindung viel kleiner ist; aber auch hier wird natürlich die mehr der Nässe oder minder der Austrocknung zugängliche Seite convex (z. B. an Fensterrahmen die äußere). Runde (gedrechselte) Holzstücke werden durch Schwinden oder Quellen oval, weil der mit den Jahrringen gleichlaufende Durchmesser stärker schwindet und quillt, als der rechtwinkelig dagegen stehende, mit dem Laufe der Spiegel übereinstimmende. Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob ein Stück Holz, welches seiner Neigung, sich zu werfen, volles Genüge gethan hat, und hierauf in bestimmte Gestalt verarbeitet ist, sich fernerhin unverändert erhalten werde? Im Allgemeinen läßt sich dieselbe wohl eher verneinend, als bejahend beantworten, wenn man bedenkt, daß durch die Verarbeitung neue Oberflächen entstehen, welche früher nicht dem Einflusse der Luft unterworfen waren, und daß eine ungleichmäßige (z. B. einseitige) Einwirkung der Nässe stets noch ihr Recht üben kann.

Wenngleich in der Regel das Quellen und Werfen des Holzes sehr unwillkommene und für dessen Anwendung nachtheilige Erscheinungen sind, so kann man doch von denselben in einzelnen Fällen Nutzen ziehen, indem man sie absichtlich hervorruft. Ein Mittel, dünne Holzblätter zu krümmen (um dadurch etwa zu einer ihnen zu gebenden großen Biegung vorzubereiten) besteht darin, daß man sie mit einer Fläche vor ein mäßiges Feuer hält, wodurch diese erwärmte Seite austrocknet und folglich concav wird. Die andere Seite kann gleichzeitig mit Wasser benetzt werden, ebensowohl um sie zum Quellen zu veranlassen,

damit sie leichter eine Convexität annehme, als um das Holz mittelst Durchnässung biegsamer zu machen. Es ist bekannt, daß man Steine sprengen kann, indem man in ein Loch derselben einen hölzernen Keil kraftvoll eintreibt, und diesen mit Wasser begießt: hier beruht die Wirkung auf der großen Gewalt, mit welcher das Holz durch das eingesogene Wasser anquillt. Verwandt sind einige Fälle, in welchen man von dem Wiederaufquellen des zusammengedrückten Holzes bei'm Durchnässen nützlichen Gebrauch macht. Eindrücke in Holz, welche durch Anstoßen entstanden sind, kann man oft ganz wieder vertilgen, indem man die Stelle fleißig mit Wasser bestreicht oder begießt. Erhabene Verzierungen, Buchstaben ꝛc. auf einer Holzfläche lassen sich (freilich kaum zu ernstlicher Anwendung geeignet) dadurch erzeugen, daß man die Gestalt derselben mit Punzen oder ähnlichen Werkzeugen vertieft einschlägt, dann die Fläche bis zum Grunde dieser Eindrücke abhobelt, und endlich das Stück in Wasser legt, welches die zusammengepreßten Fasern wieder aufquellen macht. Man hat vorgeschlagen, dieses Verfahren anzuwenden, um Druckformen darzustellen, deren Zeichnungen aber jedenfalls nachgeschnitten werden müßten, um reine Umrisse zu erhalten. Ein Spielwerk gehört ferner hierher, welches dadurch bereitet wird, daß man durch ein viereckiges Loch in einem Bretchen ein genau hineinpassendes, an beiden Enden mit dickeren Köpfen versehenes Holzstäbchen schiebt, nachdem der Kopf des einen Endes im Schraubstocke zusammengepreßt wurde; hierauf das Ganze in Wasser legt, wo dieser Kopf wieder zu seiner ursprünglichen Größe anschwillt. Ohne den Kunstgriff zu wissen, begreift man nicht, wie das Stäbchen durch das Loch habe gelangen können.

Die Mittel, welche mit mehr oder weniger sicherem und vollkommenem Erfolge angewendet werden, um das Schwinden unmerklich oder unschädlich zu machen, und das Werfen, sowie das Reißen zu verhindern, sind sehr verschiedenartig:

1) Möglichst vollkommene Austrocknung. — Wie wesentlich, ja unerläßlich das Trocknen des Holzes vor der Verarbeitung sei, ist bereits oben erwähnt worden. Bei dessen Ausführung ist zu beobachten: a) daß es nicht zu rasch und eben deßwegen zu ungleichförmig Statt finde, um der Entstehung der Risse vorzubeugen, daß es aber auch nicht zu sehr verzögert werde, weil sonst das Holz anfault (stockig wird). Frisch gefällte Stämme bringt man am besten unter einen luftigen (doch nicht zu sehr dem Zugwinde ausgesetzten) Schoppen. In der Wärme (in geheizten Arbeitsstuben) darf nur die Vollendung des Austrocknens, besonders dünner Holzstücke, vorgenommen werden. Rinde hindert das Austrocknen ungemein; ganz entrindete Stämme aber trocknen leicht gar zu schnell; zweckmäßig ist es daher, einen Mittelweg einzuschlagen, indem man die Stämme theilweise entrindet (das Anplätzen), was z. B. in einem schraubenartigen Streifen geschehen kann. Durch Bekleben der Hirnflächen mit Papier, oder durch Bestreichen derselben mit Oelfarbe, Lehm ꝛc., sucht man die Ausdünstung der Feuchtigkeit an diesen Theilen zu hindern oder wenigstens zu mäßigen, und so dem Entstehen der Kernrisse vorzubeugen. Einige halten es für vortheilhaft (um das Aufreißen zu verhindern), das Holz aufrecht zu stellen, statt es zu legen. Stets soll das Holz ringsum dem Zutritte der Luft ausgesetzt sein: man soll es nicht auf die bloße Erde oder dicht aufeinander, sondern man muß es auf gehörige Unter- und Zwischenlagen legen, wenn man das Anfaulen verhin-

dern will; zu rathen ist sogar, daß man es von Zeit zu Zeit umlege oder verrücke. — b) Daß es mit so kleinen Stücken vorgenommen werde, als die Bestimmung des Holzes gestattet; daher am besten in dem zur Verarbeitung ohnehin erforderlichen Zustande von Zertheilung (gespalten, zu Bretern geschnitten ꝛc.), oder sogar noch ferner zugerichtet. Daher wird von Tischlern, Drechslern, gern das schon in Gestalt der Arbeitsstücke oder Bestandtheile zugeschnittene Holz noch Wochen oder Monate lang hingelegt, um völlig auszutrocknen. — c) Daß es so vollkommen als möglich geschehe, und das Holz in dem trockensten Zustande verarbeitet werde. Tischler setzen mit Recht einen Vorzug darein, das Holz erst nach mehrjähriger Aufbewahrung zu verarbeiten. Fußböden müssen bei anhaltend trockner und warmer Witterung gelegt werden, um nachher so wenig als möglich durch Schwinden Fugen zu bilden.

Die Ungleichförmigkeit des Trocknens, welche bei'm Liegen des Holzes an der Luft in der gewöhnlichen Temperatur unvermeidlich ist und die so nachtheiligen Risse verursacht, wird vermieden, wenn man durch Anwendung höherer Wärme die Feuchtigkeit schnell und aus allen Theilen zugleich austreibt. Kleine Holzstücke kann man zu diesem Behufe in Sand eingraben, den man dann auf 50° R. erhitzt. Für die Anwendung dieses Princips im Großen hat man in England noch überdies das Auspumpen der Luft aus einem luftdichten Gefäße, in welchem das Holz eingeschlossen wird, zu Hülfe genommen, weil hierdurch die Verdunstung der Holzfeuchtigkeit beschleunigt wird*). Das erwähnte Gefäß ist ein gußeiserner aufrechter Cylinder von z. B.

*) Polytechnisches Journal, Bd. 31, S. 26.

30 Fuß Länge und 4 bis 5 Fuß Durchmesser, in welchen die Hölzer stehend eingebracht werden, und den man dann luftdicht bedeckt und verkittet. Der innere Raum desselben steht durch eine Röhre mit der Luftpumpe in Verbindung, und zwischen dem Cylinder und der Luftpumpe ist ein Kühlapparat angebracht, in welchem der größte Theil des aus dem Holze ausgetriebenen Wasserdunstes zu Flüssigkeit verdichtet wird. Der Cylinder ist äußerlich mit durch Röhrenzüge erhitztem Sande, oder mit durch Dampf geheiztem Wasser umgeben, oder wird unmittelbar durch Dampf erhitzt. Die Temperatur, welche man ihm mittheilt, beträgt 36 bis höchstens 75° R.; und die darin hervorgebrachte Luftverdünnung erreicht etwa einen solchen Grad, daß sie einem Barometerstande von 2 bis 3 Zoll entspricht. Dünnes Holz bedarf wenigstens 12 Stunden, dickes wohl eine Woche zur Austrocknung. Die Arbeit ist beendigt, wenn, nach Absperrung der Luftpumpe vom Cylinder, die an letzterem befindliche Queckſilberprobe nicht mehr steigt, zum Beweise, daß kein Dampf mehr aus dem Holze sich entwickelte.

2) Durchdringung oder Ueberziehung mit der Feuchtigkeit widerstehen den Stoffen. — Bei dem Nadelholze, besonders den harzreicheren Gattungen desselben, bietet der Harzgehalt gewissermaßen ein natürliches Schutzmittel dieser Art dar. Von künstlichen Zubereitungen gehören hierher: das Tränken mit heißem Leinöl oder Einreiben mit Leinölfirniß, das Firnissen, das Anstreichen mit Oelfarbe oder Theer. Auf noch nicht völlig trockenes Holz angewendet, bringen diese Mittel jedoch mehr Schaden als Nutzen, weil sie das Verdunsten der im Innern befindlichen Feuchtigkeit unmöglich machen und dadurch zur Fäulniß Veranlassung geben.

3) Zweckmäßige Wahl der Faserrichtung bei Holzarbeiten. — Holzplatten, welche über Hirn zugeschnitten sind (d. h. so, daß ihre Fläche Hirnholz ist, und der Lauf der Fasern der Höhe oder Dicke entspricht) sind wenig dem Werfen ausgesetzt, daher man zur Ausarbeitung kleine Holzschnitte — auch abgesehen von der größern Leichtigkeit und Gleichförmigkeit, womit sich in Hirnholz graviren läßt — Platten von der beschriebenen Art anwendet. —

4) Gehörige Rücksicht auf die Lage der Spiegel und des Kerns bei der Zertheilung und Ausarbeitung des Holzes. — Da nach dem Obigen bekannt ist, daß die Schwindung des Holzes in der Richtung der Jahrringe weit bedeutender ist, als in der Richtung der Spiegel, so müßte man, um die Holzarbeiten möglichst unverändert zu erhalten, alles Arbeitsholz so zurichten, daß die dem Schwinden, Werfen und Reißen vorzüglich ausgesetzten breiten Flächen parallel mit dem Spiegel genommen, also die Spiegel in ihrer größten Ausdehnung darauf zu sehen wären.

5) Zusammenfügung aus kleinen Theilen; weil jedes einzelne kleine Stück minder starke Ungleichheiten der Textur darbietet, auch nur eine geringe Veränderung durch Schwinden oder Werfen erleiden kann, folglich die Veranlassung zu bedeutender Formentstellung oder zum Reißen, welche in großen Holzmassen mit ununterbrochenem Zusammenhange der Fasern, vorzüglich wegen deren unvermeidlich viel ungleichförmigerer Beschaffenheit, so leicht eintritt, wegfällt.

6) Eine Art der Zusammenfügung, wodurch entweder dem Holze für den Fall des Schwindens eine dem Reißen vorbeugende Beweglichkeit gelassen, oder auf dasselbe

ein mechanischer Widerstand gegen das Werfen ausgeübt wird. —

7) Entfernung der Saftbestandtheile aus dem Holze. — Durch das beste Austrocknen des Holzes wird stets nur reines Wasser des Saftes entfernt; aber die in demselben aufgelöst't gewesenen Stoffe (welche früher genannt wurden) bleiben zwischen den Fasern zurück. Diese Stoffe sind zum Theil solcher Art, daß sie hartnäckig eine gewisse Menge Feuchtigkeit an sich halten, und — wird dieselbe ihnen durch Austrocknen endlich doch entzogen — sie aus der Luft unter günstigen Umständen wieder aufnehmen. Hierdurch wird also anfangs das Trocknen erschwert oder verzögert, und späterhin das Quellen befördert: beides hinreichende Ursachen des Werfens und der damit zusammenhängenden Erscheinung. Indessen darf man doch nicht glauben, daß den genannten Veränderungen des Holzes dadurch gänzlich abgeholfen werden könne, daß man die Saftstoffe wegnimmt; vielmehr ist zu berücksichtigen, daß schon die Natur der Holzfaser an sich, und die Porosität des Holzes, dem letzteren die Eigenschaft verleihen, Feuchtigkeit zurückzuhalten und von Neuem vorzuziehen. Es leuchtet also ein, daß auch ein von seinen Saftbestandtheilen völlig gereinigtes Holz den Veränderungen durch den Einfluß der Feuchtigkeit stets noch in gewissen (allerdings bedeutend geringerem) Grade unterliegen müsse.

In England ist der Versuch gemacht worden, das Holz durch mechanischen Druck von einem Theile seines Saftes zu befreien, und es zugleich zu verdichten. Das Verfahren wird folgendermaßen beschrieben: Das in Breter oder Latten zersägte und glatt gehobelte Holz wird mehrmals zwischen metallenen Walzen, die man nach jedem Durchgange enger zusammenstellt, durchgeleitet. Man kann auch mehre

Walzenpaare hintereinander, mit stufenweise kleinerer Oeffnung, anbringen, um das wiederholte Stellen, welches bei einem einzigen Paare nöthig wird, zu ersparen. Der Saft wird während dieser Behandlung des Holzes sichtbar ausgepreßt, und das Holz zeigt wenig Neigung, wieder anzuquellen, selbst wenn man es nachher befeuchtet; es wird härter, schwerer, dichter, und unterliegt weniger dem Schwinden, Werfen und dem Verderben, als in seinem natürlichen Zustande. Es ist nöthig, den Druck nur sehr allmälig zu verstärken, um das Zerspringen und überhaupt jede Beschädigung des Holzes zu vermeiden. — Sollte sich auch wirklich (was nicht bekannt ist) dieses Verfahren als practisch bewährt haben, so darf doch als gewiß angenommen werden, daß es nur auf dünne, ganz astfreie und geradfaserige (daher nicht leicht splitternde) Hölzer anwendbar sein kann.

Von jedenfalls weit allgemeinerer Brauchbarkeit, und schon durch vielfältige Erfahrung bewährt, ist dagegen die Methode, die Saftstoffe durch Wasser oder Wasserdampf aufzulösen und aus dem Holze wegzuschaffen, worauf das letztere an der Luft (oder gelegentlich in geheizten Räumen) getrocknet wird. Man nennt diese Behandlung das Auslaugen, Auslohen, und verrichtet es auf dreierlei Weise: mit kaltem Wasser, mit kochendem Wasser, mit Dampf.

Auslaugen mit kaltem Wasser. — Durch Einsenken des Holzes in fließendes Wasser wird der Saft aus demselben erst auf der Oberfläche, nach und nach auch im Innern, ausgewaschen. Jedoch erfordert diese Wirkung lange Zeit, und muß bei dicken Stücken wohl in zwei oder drei aufeinanderfolgenden Sommern wiederholt werden, um den Zweck vollkommen zu erreichen, weil das Wasser äußerst langsam das Holz gänzlich durchdringt und, einmal eingedrungen, nicht leicht darin wechselt. Gleichwohl

zeigt sich schon nach ein- bis zweimonatlicher Dauer des Auslaugens ein merklicher Erfolg dadurch, daß die so behandelten Hölzer (z. B. eichene Ständer, Riegel 2c., ferner Brückenbalken u. dergl.) weniger schwinden und weniger sich ziehen, als unausgelaugte. Es versteht sich von selbst, daß es zweckmäßig sei, das Holz vorher in dem durch seine Bestimmung vorgeschriebenen Maße zu zertheilen. Man räth, Balken und andere dicke Hölzer so in den Fluß zu legen, daß das der Wurzel am nächsten gewesene Ende gegen den Strom gerichtet ist, weil so die Durchdringung mit Wasser am leichtesten erfolge. Diese Methode der Auslaugung ist übrigeus aus dem angegebenen Grunde nicht zu empfehlen, falls man eine der folgenden anwenden kann.

Auslaugen mit kochendem Wasser (Auskochen). — Es wirkt schon weit besser, ist aber nur im Kleinen, bei Holzstücken von geringen Dimensionen, gut anwendbar, im Großen und bei Hölzern von bedeutendem Umfange nicht ohne Weitläufigkeit auszuführen. Man legt die Holzstücke in einen mit Wasser gefüllten, über Feuer eingemauerten Kessel, erhält sie darin durch irgend ein einfaches Mittel untergetaucht, und kocht sie solange, als es nach ihrer Größe nothwendig ist; oder man leitet aus einem Dampfkessel Wasserdampf durch ein Rohr auf den Boden eines hölzernen, mit Wasser angefüllten Kübels, worin das Holz sich befindet, und erzeugt auf diese Weise die zum Kochen erforderliche Hitze.

Auslaugen mit Dampf (Dämpfen des Holzes). — Es ist die wirksamste und daher am meisten Empfehlung verdienende Art des Auslaugens, weil der Dampf in die von der Hitze geöffneten Poren des Holzes kräftiger eindringt und stärker auflösend auf die Saftstoffe wirkt, als Wasser. Der Apparat hierzu besteht aus einem Dampfkessel zur

Entwickelung des Wasserdampfes, und aus einem parallelepipedischen, zum Einlegen des Holzes bestimmten Kasten, in welchen der Dampf durch ein vom Kessel ausgehendes Rohr hineingeleitet wird. Der Kessel kann, wenn er rund ist, 3 Fuß Durchmesser und (vom Boden bis zum Mittelpuncte seiner obern Wölbung) 3 Fuß Höhe haben. Das Ausgangsrohr für den Dampf ist mit einem Hahne zu verschließen, um nach Erforderniß den Dampf zuzulassen oder abzusperren. Der Dampfkasten ist aus 3 Zoll dicken, mittelst Nuth und Feder zusammengesetzten, Bohlen von Fichtenholz gebildet, und mit eisernen Bändern eingefaßt, welche man durch Schrauben anziehen kann, um alle Fugen möglichst dampfdicht zu schließen. Er ist (bei den oben genannten Dimensionen des Kessels) 12 Fuß lang, 5 Fuß breit, 6 Fuß hoch *), ruht auf Bänken von Mauerwerk, und besitzt unten einen Hahn zum Ablassen der darin sich sammelnden Flüssigkeit, sowie oben einen andern, um durch diesen nöthigenfalls den Dampf ausströmen zu lassen. An jedem Ende hat er eine starke, mit Schrauben zu befestigende, durch zwischengelegte Hede dicht anzupassende Thür. Bei'm Füllen des Kastens legt man die Holzstücke auf ihre schmale Fläche, und sucht ohne absichtlich große Zwischenräume zu lassen, soviel Holz als möglich unterzubringen. Während der 3 bis 6 Stunden, in welchen man den Dampf nicht zu rasch in den Kasten einströmen läßt, fließt das Wasser, welches aus dem in Berührung mit

*) Nach einer andern Angabe soll man 40 Cubikfuß vom Inhalte des Kastens auf jeden Quadratfuß zwischen Wasser und Feuer befindlicher Kesselfläche rechnen, wonach für den obigen Kessel, wenn derselbe $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch Wasser enthielte, der Dampfkasten etwa 16 Fuß lang, 7 Fuß breit und 8 Fuß hoch sein kann.

dem Holze abgekühlten Dampfe entsteht, nur lauwarm aus dem Abzugshahne, hat aber schon einen starken Holzgeruch und Geschmack, indem es von den Saftstoffen aufgelöst enthält. Späterhin hitzt man den Kessel stärker, um eine reichlichere Dampfzuführung zu bewirken, welche nun stets in solchem Maße Statt finden muß, daß bei'm Oeffnen des obern Hahnes am Kasten der Dampf mit Geräusch herausdringt. Nach 12 bis 15 Stunden ist das Holz erwärmt, die ablaufende Flüssigkeit erscheint etwas trüb, schleimig, und wird dieß fortschreitend mehr, sowie der Geruch derselben an Stärke zunimmt. Die Farbe dieser Brühe ist verschieden nach der Art des Holzes; von Eichenholz schwarzblau, von Nußbaumholz rußfarbig, von Mahagoni stark roth, von Kirschbaum röthlich, von Lindenholz röthlichgelb, von Fichten und Ahorn blaßgelb. Das Auslaugen dicker Hölzer ist nach 60 bis 80 Stunden beendigt, wo die Flüssigkeit wieder ganz klar, wiewohl noch etwas gefärbt, zum Vorschein kommt. Man nimmt nun das Holz aus dem geöffneten Kasten, und läßt es in einer geheizten Kammer, oder (was besser ist, aber viel mehr Zeit erfordert) an freier Luft trocknen. Im erstern Falle wird die Trocknenkammer durch den Feuergang einer eigenen Heizung, welcher unter dem Fußboden hinläuft und mit gußeisernen Platten bedeckt ist, anfangs auf 20 bis 30 Grad, nach den ersten drei Tagen aber bis zu 50 oder 60° R. erwärmt. Man legt darin das Holz auf die hohe Kante und trennt die einzelnen Stücke durch zwischengelegte dünne Stäbe. Die Dünste ziehen durch eine in den Schornstein führende, mit einer Klappe beliebig zu verschließende Oeffnung ab. Soll das Trocknen an freier Luft geschehen, so hat man die Stücke durch Unter- und Zwischenlagen gehörig dem Zugange der Luft auszusetzen, die Hirnflächen mit

Papier zu überleimen, Regen, sowie starken Sonnenschein und Wind abzuhalten. Unter diesen Umständen trocknet das Holz in wenigen Monaten sehr vollständig aus (viel schneller, als ungedämpftes) und erhält gar keine oder doch nur sehr kleine Risse. — Das gedämpfte Holz ist durch und durch von dunklerer Farbe, als es vor der Behandlung war (Tannen und Fichten bräunlichgelb, Birnbaum röthlichbraun, Ahorn röthlich, Mahagony tiefroth, Buchen braun, Eichen rußbraun, Nußbaum schwarzbraun, Kirschbaum hell- oder dunkelroth); im völlig getrockneten Zustande leicht, bei'm Anschlagen mit dem Fingerknöchel hellklingend, zu dünnen Spänen gehobelt, leicht zerreiblich. Noch warm und naß aus dem Dampfkasten genommen, läßt es sich fast in alle beliebigen Krümmungen biegen, und behält diese Gestalt fernerhin vollkommen bei, wenn es in gebogenem Zustande erkaltet und einigermaßen getrocknet ist.

Das gedämpfte und wieder völlig ausgetrocknete Holz hat 20 bis 40 Proc. von dem Gewichte verloren, welches es im frischen (grünen) Zustande besaß, und ist um 5 bis 10 Procent leichter, als bloß getrocknet. Es ist härter, zieht in feuchter Luft oder im Wasser bedeutend weniger Feuchtigkeit an, und quillt dabei in viel geringerem Maße, unterliegt folglich auch dem Schwinden und Werfen weniger, als unausgelaugtes. Zum Zerbrechen erfordert es eine um den zehnten bis vierten Theil größere Kraft, biegt sich dabei durchschnittlich eben, so stark, und zeigt (zum Beweise, daß es nicht mürbe ist) oft eine größere Neigung zum splitterigen Bruche, als nicht ausgelaugtes Holz gleicher Art. In allen Beziehungen ist daher das in Dampf ausgelaugte Holz als Bau- und Arbeitsholz dem bloß getrockneten vorzuziehen.

Man hat neuerlich die Ansicht geäußert, daß eine Temperatur des Dampfes von 80° R., oder

etwas darüber, schon einigermaßen verändernd und schwächend auf die Holzfasern wirke, und deßhalb empfohlen, das Dämpfen in einem nur lose mit einem aufgelegten Deckel verschlossenen Kasten vorzunehmen, wo die zutretende Luft den Dampf auf etwa 50° R. abkühlt. Noch fehlt es aber an genügenden Erfahrungen, um den wahren Werth dieses Vorschlages zu beurtheilen; jedenfalls scheint es, daß diese Methode ein Mittelweg zwischen dem reinen Dämpfen und dem Auskochen sein würde, da bei der Abkühlung des Dampfes ein großer Theil desselben zu Wasser verdichtet wird. Ebenso schleunig (oder in gleicher Zeit ebenso vollständig), als durch das Dämpfen bei der Siedhitze, dürfte mithin die Auslaugung gewiß nicht erfolgen.

Die reine Holzfaser an sich ist eine in sehr geringem Grade der Veränderung und Zerstörung durch die Zeit unterworfene Substanz. Wenn wir gleichwohl beobachten, daß das Holz selbst dann dem Verderbnisse unterliegt, wenn keine erkennbare nachtheiligen Einflüsse von Außen auf dasselbe wirken, so ist diese Erscheinung der Gegenwart von Stoffen zuzuschreiben, welche der Faser selbst fremd sind, nämlich der Mehrzahl der in dem Safte aufgelöst'en Substanzen, welche wir bereits als eine mittelbare und vorzügliche Ursache anderer sehr nachtheiliger Erscheinungen kennen gelernt haben. Bestimmte Erfahrungen sprechen zur Rechtfertigung dieser Annahme. Kocht man Holzsägespäne wiederholt und vollständig mit Wasser aus, so tritt die erhaltene, mehr oder weniger gefärbte Flüssigkeit, in welcher die Bestandtheile des Saftes vereinigt sind, bald in Gährung; nimmt anfangs einen säuerlichen, später einen fauligen Geruch an, und bedeckt sich mit Schimmel; wogegen die ausgekochten Späne, selbst in feuchtem Zustande, in langer Zeit keine Veränderung erleiden.

Gießt man auf diese Späne einen Theil der durch das Auskochen gewonnenen Flüssigkeit (die man vorher durch Abdampfen mehr concentrirt hat, um sie der natürlichen Beschaffenheit des Saftes zu nähern), vermengt beide gut miteinander und stellt das Ganze in mäßige Wärme; so findet die schon erwähnte Gährung Statt, und es zeigt sich, daß durch dieselbe auch die Späne angegriffen werden, welche sich nach und nach in eine zerreibliche Masse verwandeln. Dampft man die vom Auskochen herrührende Flüssigkeit bis zur Trockenheit ab, so läßt sie einen Rückstand, der stark die Feuchtigkeit der Luft anzieht und wieder flüssig wird, wenn nicht etwa die Hitze bei'm Abdampfen so groß war, daß sie ihn zum Theil zersetzen und verkohlen konnte. Man kann sich hiernach erklären, was in dem sich selbst überlassenen Holze vorgehen muß, wenn es nicht den äußersten Grad von Trockenheit hat und denselben ununterbrochen behält: ein Fall, der bei der Anwendung des Holzes in der Regel nicht vorkommt. Die Saftstoffe in Verbindung mit Wasser, welches sie entweder gar nicht verloren oder nachher wieder von Außen angezogen haben, gehen in Gährung und verändern hierbei die Faser, welche ihren Zusammenhang verliert und zuletzt einen erdartigen zerreiblichen Zustand annimmt. Dieß ist die Fäulniß, das Vermodern, Vermorschen, Verstocken des Holzes, wodurch dasselbe seine Härte, Biegsamkeit und Festigkeit, je nach den Umständen in längerer oder kürzerer Zeit, verliert. Wenn diese Zerstörung, besonders unter dem Zugange einer größeren Menge Feuchtigkeit, bis zu dem Grade gediehen ist, so daß die faserige Textur in die erdartige überzugehen anfängt, so erzeugt sich auf der Oberfläche des Holzes der Schwamm, Holzschwamm, Hausschwamm, welcher nun seinerseits, da er seine Nahrung aus dem Holze zieht,

dessen Zerstörung beschleunigt. Verschiedene Arten von Schwämmen sind es, welche faulendes Holz zu ihrem Standorte wählen; sie kündigen sich im Entstehen durch weiße, nach und nach um sich greifende, in ein graues Faseringeflecht übergehende Flecken an, und erscheinen ausgebildet als häutige oder korkartige, meist nur wenig Linien, öfters aber gegen einen Zoll dicke Masse, gewöhnlich von brauner Farbe, einen unangenehmen und ungesunden Modergeruch verbreitend, benachbartes gesundes Holz ansteckend.

Man unterscheidet nach den Umständen, unter welchen die Fäulniß des Holzes vor sich geht, zwei Arten derselben: die nasse und trockene, welche übrigens im Wesentlichen miteinander übereinstimmen.

Die nasse Fäulniß im engern Sinne findet sich bei vorhandenem Uebermaß von Feuchtigkeit, wodurch das Holz gleichmäßig und ohne Unterbrechung in der Zerstörung fortfährt (wie in feuchter Erde); die trockne Fäulniß, Trockenfäule, Trockenmoder, im Besondern das Vermodern, Vermorschen, Verstocken genannt, tritt ein bei geringerem und abwechselnd bald steigendem bald sinkendem Feuchtigkeitszustande, wo also die Zerstörung in Zwischenzeiten wegen mangelnder Feuchtigkeit gemindert oder gar unterbrochen wird, und im Ganzen langsamer fortschreitet (z. B. auf feuchter Erde oder in Luft und Wetter, dann auch überall, wo schlecht getrocknetes Holz gehindert ist, seine natürliche Feuchtigkeit durch Ausdunsten zu verlieren, ohne eben von Außen der Nässe ausgesetzt zu sein.) Die Hölzer faulen nicht alle gleich leicht und schnell. Aus Erfahrungen geht hervor, daß im Allgemeinen Eichen-, Ulmen-, Lerchen-, Föhren-, Fichtenholz zu den dauerhaftesten Arten gehören, Eschen-, Buchen-, Erlen-, Birkenholz weniger, endlich Weidenholz, Pappelholz am wenigsten dauerhaft sind. Manche Hölzer halten sich im

Nassen besser, als andere, die dagegen öfters im Trocknen den Vorzug vor jenen verdienen. So dauert Erle weit länger in der Nässe als Fichten oder Buchen, ungeachtet es, in freier Luft angewendet, beiden genannten nachsteht.

Zur Fäulniß im Allgemeinen sind Feuchtigkeit und eine gewisse, weder zu hohe noch zu geringe Wärme wesentliche Bedingungen; hieraus, sowie aus der Berücksichtigung des Umstandes, daß bei'm Holze der Saft es ist, dessen Gegenwart diese Zerstörung herbeiführt, ergeben sich die Mittel, welche zur Abhaltung der (trockenen sowohl als nassen) Holzfäulniß tauglich sind und nach Maßgabe der Umstände gewählt werden müssen. Sie bestehen in folgenden:

1) Vermeidung der Anwendung von nassem oder unvollkommen ausgetrocknetem Holze, oder in gewissen Fällen wenigstens eine Anwendung des Holzes, bei welcher es nach seiner Verarbeitung hinlänglich der Luft ausgesetzt ist, um den Theil der Saftfeuchtigkeit, welchen es noch enthält, durch Austrocknung zu verlieren.

2) Schutz vor dem Zutritt äußerer Feuchtigkeit; z. B. durch Bedeckung oder durch wasserabhaltende Anstriche (Oelfarbe, Firniß, heißen Holz- oder Steinkohlentheer), wobei indessen hinsichtlich der letzteren die schon gemachte Bemerkung gilt, daß sie nicht anders, als auf gut ausgetrocknetes Holz angewendet werden sollen. Auf allen Seiten von fließendem Wasser umgeben, ist das Holz dem Faulen nicht unterworfen.

3) Chemische Veränderung der gährungsfähigen Saftstoffe durch Einwirkung der Hitze, wobei sie das Vermögen, in Gährung zu gehen, und Feuchtigkeit anzuziehen, verlieren. Hierauf beruht die Erfahrung, daß gedörrtes (bei starker Wärme bis zum Braunwerden getrocknetes)

oder gar oberflächlich angekohltes Holz besser der Fäulniß widersteht, als bloß lufttrockenes. Dabei ist zu bemerken, daß eine solche nur theilweise vorgenommene Zubereitung nichts hilft, wenn auf andern Stellen die Feuchtigkeit Zugang in das von der Hitze weniger oder gar nicht veränderte Innere gewinnen kann. Pfähle, welche man in die Erde versenkt, sollen daher nicht bloß an dem eingegrabenen Theile verkohlt, sondern auch über der Erde wenigstens braungeröstet, und an dem obern Hirnende mit Kupferblech, Eisenblech oder gewalztem Blei ꝛc. bedeckt werden. —

4) Chemische Veränderung der Saftstoffe durch Substanzen, mit welchen das Holz getränkt wird. Hierher gehört das Kochen des Holzes in Salzwasser (Küchensalzauflösung); das Tränken mit Alaun- oder Eisenvitriol-Auflösung, mit holzessigsaurem Eisen, verdünnter Schwefelsäure; das Verkieseln oder Durchdringen mit einer Auflösung von kieselsaurem Kali oder Natron (dem sogenannten Wasserglas, welches durch Zusammenschmelzen des Quarzsandes oder zerpochten Quarzes mit Pottasche oder Soda erhalten wird). In der neuesten Zeit hat man in England das salzsaure Queckſilberoxyd (ätzenden Queckſilbersublimat) besonders wirksam zu diesem Zwecke gefunden, und denselben zur Conservirung der Eisenbahnschwellen, des Schiffbauholzes ꝛc. angewendet, wobei indessen (wegen der giftigen Eigenschaften des Mittels) mit großer Vorsicht verfahren werden muß. Ein großer in die Erde gegrabener, mit Bretern ausgelegter Behälter nimmt das Bauholz auf, welches man durch befestigte Querleisten am Aufsteigen und Schwimmen verhindert, wenn nachher die Auflösung (1 Pfd. Sublimat auf 50 Pfd. Wasser) aus einem andern, höher stehenden Behälter eingelassen wird. Das Holz bleibt

eine nach der Erfahrung als hinreichend bekannte Zeit (Breter 3 Tage, dreizöllige Bohlen 7 Tage, Balken von 7 bis 14 Zoll im Quadrat 10 bis 14 Tage) unter der Flüssigkeit, welche hierauf ausgepumpt und, nach Zusatz einer neuen Portion Sublimat und Wasser, wieder gebraucht wird. Man läßt die getränkten Hölzer einen Monat lang an der Luft zum Trocknen liegen, bevor man sie anwendet. Der Queckfilbersublimat verbindet sich chemisch mit Bestandtheilen des Saftes und wird durch Wasser nicht wieder aus dem Holze ausgezogen.

5) Wegschaffung des Saftes. — Schon bei'm Fällen des Holzes kann viel in dieser Beziehung gewirkt werden. Daß das Holz außer der Saftzeit, also im Winter, oder wenigstens vor Anfang der wärmeren Frühlingszeit, wo der Saft in den Bäumen aufsteigt, gefällt werden müsse, ist ein sehr wichtiger Umstand. Wenn man die gefällten Stämme unentwipfelt auf dem Platze liegen läßt, so schlagen im Frühjahre die Zweige aus und ziehen durch das eintretende Wachsthum der Blätter den Saft aus dem Stamme, welcher erst nach dem Abwelken des Gipfels weggefahren und dann dem Trocknen auf gewöhnliche Weise überlassen wird. Es ist Thatsache, daß dieses Verfahren die Neigung des (nun saftärmern) Holzes zur Fäulniß vermindert; gleichwohl ist dasselbe jetzt weit seltener als sonst gebräuchlich. Die Behandlung des Holzes durch Dampfauslaugung ist das beste Mittel zur Entfernung der Saftstoffe und wirkt also kräftig zur Verhinderung der Fäulniß, was mit dem Auslaugen oder Auskochen in Wasser weit minder der Fall ist. Mit dem Dämpfen kann zweckmäßig die Durchdringung mit Theer, und zwar auf die Weise verbunden werden, daß man in der letzten Periode der Arbeit dem Wasser im Dampfkessel eine Quantität Holz- oder Steinkohlentheer zusetzt, dessen

Dämpfe mit denen des Wassers zugleich zwischen die Fasern des Holzes gelangen. Letzteres wird hierdurch merklich härter, läßt, wenn es naß geworden ist, das Wasser schnell wieder verdunsten, und widersteht sehr gut der Fäulniß.

Die Mittel zur Verhinderung des Schwammes fallen — da letzterer eine Folge der eingetretenen Fäulniß ist — mit jenen gegen das Faulen des Holzes zusammen. Besonders will man Bestreichen des Holzes mit einer nicht zu schwachen Eisenvitriolauflösung (mit oder ohne Zusatz von etwas Schwefelsäure) wirksam zur Verhinderung des Schwammes, und selbst zu dessen Vertilgung, gefunden haben.

Altes, verstocktes (stockig gewordenes) Holz ist dem Wurmfraße ausgesetzt, d. h., der Zerstörung durch Insecten (Federholzkäfer, Pochholzkäfer, Putzbockkäfer, Scheibenbockkäfer, Bohrkäfer u. A.), welche zahlreiche Gänge durch das Holz arbeiten und dasselbe in Staub verwandeln, wovon man oft auf der Oberfläche lange, krumme Spuren bemerkt. Unverdorbenes, besonders sehr gut ausgetrocknetes Holz wird selten oder nicht wurmstichig; eher noch der Splint. Es scheint, daß die Insecten gewissen Bestandtheilen des Holzsaftes nachgehen, und das Ausdämpfen muß also auch gegen dieses Uebel sehr vortheilhaft wirken, zumal man voraussetzen darf, daß die Hitze des Dampfes für die etwa vorhandene Brut tödtlich ist.

Seiner Anwendung nach wird das Holz in Brennholz (wozu auch Kohlholz gehört) und in Nutzholz unterschieden. Letzteres theilt sich wieder in Bauholz, Zimmerholz, wozu auch das größere Maschinenbauholz zu rechnen ist; und in Werkholz, Arbeitsholz. Nach dem besondern Gebrauche benennt man das Werkholz wieder Tischlerholz, Wagnerholz, Stellmacherholz, Böttcher-

oder Binderholz, Drechslerholz. Um, soviel in Kürze durch schriftliche Mittheilung möglich ist, eine Kenntniß der Bau- und Werkhölzer zu geben, möge hier eine Aufzählung und gedrängte Beschreibung derselben folgen; wobei indessen bemerkt wird, daß manche seltener gebräuchliche oder unwichtige Arten, so wie solche, die nur außerhalb Deutschland öfter zur Verarbeitung kommen, ganz übergangen sind. Eine vollständige Aufzählung würde ohne erheblichen Nutzen und schon darum gar nicht möglich sein, weil es sich öfters ereignet, daß von wenig bekannten Holzarten aus fremden Erdtheilen gelegentlich einzelne Schiffsladungen auf dem Markte erscheinen, und dann wieder vielleicht Jahre lang nichts davon vorkommt, folglich eine Verbreitung in den Werkstätten nicht Statt findet; auch manchmal die Mode augenblicklich eine Art hervorzieht, die bald wieder vergessen wird. Ungezwungen lassen sich die Holzarten in europäische und außereuropäische abtheilen, welche letztere zuweilen auch indische genannt werden, wiewohl darunter die aus Amerika, Asien und Afrika zusammen begriffen sind.

Fünftes Kapitel.

Metalle.

I. Eisen.

Allgemeine Eigenschaften.

Physikalische Beschaffenheit. Das Eisen ist bis zu hohen Temperaturen fest, daß es im Allgemeinen als unschmelzbar angesehen wird. Dennoch gelangt es in einer Temperatur von 150° des Wedg-

wood'schen Pyrometers, oder in 15 bis 1600° C. zum Schmelzen.

Farbe. Reines Eisen hat polirt das Ansehen von Silber und kann mit diesem Metall verwechselt werden, allein es zeigt diese Eigenschaft nur einen Augenblick, so sehr wird es durch den Sauerstoff verändert. — Unrein ist es bläulich grau.

Geruch und Geschmack. Das Eisen besitzt einen sehr wahrnehmbaren, aber schwachen Geruch und Geschmack; wenn man es eine Zeit lang in dem Munde behält, so hört es auf, das Zahnfleisch zu reizen.

Dichtigkeit. Die Dichtigkeit des durch Schmelzung erhaltenen reinen Eisens beträgt 7,8439; das im Handel vorkommende Stabeisen wechselt zwischen 7,60 und 7,79, je nachdem es geglüht und langsam abgekühlt, oder durch Hämmern, Walzen und Ziehen durch ein Drahtzieheisen mehr verdichtet ist. — Dennoch wiegt ein Kubikfuß Schmiedeeisen 404—418 Pfund.

Ausdehnung. Wenn die Länge eines Stabes von gutem Schmiedeeisen 1 ist, so beträgt seine Längenausdehnung zwischen 0 und 100 Grad:

Nach Lavoisier u. Laplace,	weiches Schmiedeeisen	$\frac{1}{819}$
= = = =	Draht	$\frac{1}{812}$
= Smeaton . . .	Schmiedeeisen . .	$\frac{1}{795}$
= General Roy,	Prisma v. Gußeisen . .	$\frac{1}{901}$
= Throughton . .	Eisendraht . .	$\frac{1}{694}$
= Dulong und Petit,	von 0—100 Grad	$\frac{1}{846}$
= = = =	von 100—300 Grad	$\frac{1}{681}$

Festigkeit. Die absolute Festigkeit des Eisens ist sehr verschieden, im Allgemeinen aber viel bedeutender, als die des Gußeisens. Sie beträgt nach den besten Angaben:

Eisensorte.	In Kil. auf das Q. Cent. Durchschnitt.		
	Minima.	Durchschnitt.	Maxima.
Schmiedeeisen	3200	4300	5400
Blech in der Richtung des Walzens	3800	4080	4300
Blech, senkrecht auf dieser Richtung	3350	3645	3940
Eisendraht, nicht ausgeglüht von 5 bis 1,3 Mm. Durchmesser	6000	6240	6480
Eisendraht, nicht ausgeglüht, von 1 Mm. Durchmesser und darunter	7000	7700	8400
Eisendraht, ausgeglüht von 1 bis 1,5 Mm. Durchmesser	3600	3700	3800
Eisen, unter dem Hammer ausgeschweißt	5500	5750	6000

Nach Karmarsch beträgt die absolute Festigkeit des Eisens, für den Quadratzoll berechnet, bei geschmiedeten oder gewalzten Stäben 28,500 bis 67,000 Pfund, bei Blech 42,000 bis 57,000 Pfund, bei hart gezogenem Drahte 73,000 bis 170,000 Pfund, bei ausgeglühtem Drahte 43,000 bis 72,500 Pfund (Hannöverisch).

Dehnbarkeit und Schmiedbarkeit. Das Eisen ist eins von den dehnbarsten Metallen, allein es hat in der gewöhnlichsten Temperatur nur eine geringe Schmiedbarkeit oder Streckbarkeit. Hinsichtlich seiner Dehnbarkeit ist es das erste von den in den Gewerben angewendeten Metallen, dagegen das letzte wegen seiner Streckbarkeit.

Electrische Beschaffenheit. Das Eisen ist mit dem Golde, Platin, Silber und Antimon electro-positiv; electro-negativ mit dem Blei, Zinn und Zink.

Unter dem Einfluß gewisser physikalischer oder chemischer Einwirkungen wird es auch magnetisch.

Chemische Einwirkungen der trocknen Luft. Das Eisen wird in Berührung mit der trocknen Luft, in der gewöhnlichen Temperatur, von derselben nicht wesentlich angegriffen. In der Rothglühhitze dagegen oxydirt es sich sehr rasch und bedeckt sich mit Oxydschuppen, Hammerschlag genannt, weil sie sich unter der Einwirkung des Hammers sehr leicht von dem Eisen trennen.

Wenn man es in diesem Zustande mit der Hand wie eine Schleuder umdreht, so verbrennt es unter Entwickelung sehr vieler Funken vollständig.

Chemische Einwirkung der feuchten Luft. In Berührung mit der feuchten Luft wird das Eisen sehr bald mit einer Schicht von gelbem Eisenoxydhydrat oder Rost bedeckt.

Chemische Einwirkung des Wassers. Wenn Eisen in gewöhnlicher Temperatur in Wasser getaucht wird, so bedeckt es sich auf der Oberfläche ebenfalls mit einer Schicht von gelbem Hydrat, dem sogenannten Rost; es ist dies aber nur dann der Fall, wenn das Wasser Luft enthält. Rothglühend in das Wasser gesteckt, zersetzt es dagegen diese Flüssigkeit plötzlich.

Chemische Einwirkung der Säuren. Die Säuren greifen das Eisen auf zweierlei Weise an, nämlich: indem sich durch seinen Einfluß ihr Wassergehalt zersetzt; oder indem sie eins der Elemente abgeben, aus denen sie bestehen.

Die mit Wasser verdünnte Schwefelsäure greift das Eisen auf die erstere Weise an; die Salpeter-

und die Salz- oder Chlorwasserstoffsäure auf die zweite, indem sie ihm die eine einen Theil ihres Sauerstoffs, die andere einen Theil ihres Chlors abtreten.

Chemische Einwirkung der Oxyde. Das Eisen reducirt die Oxyde der Metalle des dritten Abschnittes, wenn sie als Salze in Wasser aufgelöst sind, wie die Oxyde des Kupfers, Bleies, Silbers, Queckſilbers ꝛc. Es reducirt sie auch mit Hülfe einer mäßigen Temperatur; seine Verwandtschaft zu dem Sauerstoff ist so groß, daß es unter dem Einfluß einer hohen Temperatur selbst Kali und Natron reducirt.

Verwandtschaften. Nach dem Sauerstoff, für den es die größte Verwandtschaft hat, verbindet sich das Eisen mit Hülfe der Wärme leicht mit den einfachen, nicht metallischen Körpern, mit Ausnahme des Wasserstoffs und des Stickstoffs, wenigstens, wenn nicht besondere Einrichtungen getroffen sind.

Wichtige Verbindungen. In Verbindung mit dem Kohlenstoff bildet das Eisen den Stahl oder das Roheisen (Gußeisen), je nach den Verhältnissen, in welchen eine jede Verbindung Statt findet.

Wichtige Legirungen. Man hat hauptsächlich drei Legirungen des Eisens zu berücksichtigen, welche ganz besonders auf seine Qualität einwirken, nämlich:

das Eisen und das Mangan;
das Eisen und der Phosphor;
das Eisen und der Schwefel.

Das manganhaltige Eisen ist in der gewöhnlichen Temperatur dehnbar, allein rothbrüchig und schwierig schmiedbar; es paßt daher zur Fabrication der dünnen Bleche.

Das phosphorhaltige Eisen ist kaltbrüchig, läßt sich aber im glühenden Zustande gut bearbeiten.

Das schwefelhaltige Eisen ist kalt- und rothbrüchig.

Besondere Eigenschaften.

Einwirkung der Temperatur. Das wenigstens rothglühend gemachte Eisen wird nach und nach weich und erlangt eine Streckbarkeit, so daß man ihm unter dem Hammer alle verlangten Formen geben kann. Wird die Temperatur bis zur Weißglühhitze getrieben, so ist es schweißbar, eine Eigenschaft, welche einen Mangel dieses Metalles ausgleicht, daß es nur in einer schwer zu erreichenden Temperatur schmilzt.

Wird das Eisen zu lange den höhern Temperaturgraden ausgesetzt, so wird es spröde oder brüchig. Um dies zu beweisen, nahm man 6 Stäbe von dem besten schwedischen Eisen und brachte drei davon 48 Stunden lang in einen Ofen. Als man sie herausnahm, hatten sie weder von ihrem Gewichte, noch von ihrer Reinheit verloren, allein bei'm Schmieden zerbrachen sie, während die drei andern nicht geglühten ganz blieben und sich nur bogen.

Einwirkung der Erschütterungen. Das anhaltenden Erschütterungen oder Vibrationen ausgesetzte Eisen wird spröde; man erklärt dieses, indem man annimmt, daß die Theile sich verschieben.

Ein alter Hammer ist sehr spröde, welches sich besonders dann zeigt, wenn er mehre Stunden lang rothglühend erhalten worden ist.

Verschiedene Eigenschaften des in dem Handel vorkommenden Eisens.

Das in den Handel gekommene Eisen ist nie rein; es enthält stets wenigstens: 0,002 Kohlenstoff, 0,002 Phosphor oder 0,002 Schwefel auf 1 Eisen. Es zerfällt in drei Klassen, nämlich:

1. Klasse. — Weiches Eisen.
2. Klasse. — Kaltbrüchiges Eisen.
3. Klasse. — Rothbrüchiges Eisen.

Man unterscheidet außerdem auch noch sprödes Eisen, als eine vierte Sorte, welches jedoch im Handel zu dem kalt- und rothbrüchigen Eisen gerechnet wird.

Weiches Eisen. — Es läßt sich auf folgende Weise definiren: das weiche Eisen ist in der gewöhnlichen Temperatur und in der Hitze dehnbar; unter dem Hammer ist es schmiedbar und kann wiederholt, ohne daß es zerreißt, gebogen werden. Durch die Temperatur dehnt es sich viel aus, verbrennt und oxydirt leicht; der gleichzeitigen Einwirkung der Luft und des Wassers ausgesetzt, rostet es langsam und gleichförmig. Es ist sehr schwer schmelzbar und verbreitet bei'm Schmelzen lebhafte und glänzende Funken. Durch die Härtung wird es nicht härter und es nimmt, wenn seine Oberfläche gefeilt und polirt worden ist, eine hellgraue Farbe an; es wird in einem hohen Grade magnetisch, verliert aber den Magnetismus sehr leicht, wenn es unter dem Einflusse von Agentien steht, die im Stande sind, diese Eigenschaft mitzutheilen, oder sobald es dieser Einwirkung entzogen worden ist.

Das weiche Eisen, welches man auch festes Eisen nennt, zerfällt in drei Sorten, nämlich; in das harte, in das weiche und in das härteste Eisen.

Das harte Eisen, so genannt, weil es der Einwirkung des Feuers und des Hammers am besten widersteht, ist etwas kohlenstoffhaltig; aus diesem Grunde gebraucht man es vorzugsweise zu der Fabrication des Cementstahles, der eisernen Ketten, der Gewehrläufe und im Allgemeinen zu allen Dingen, welche einen großen Widerstand erfordern.

Das weiche Eisen ist dehnbarer und schmiedbarer als das vorhergehende, und läßt sich leicht in der Wärme und in der Kälte bearbeiten. Es wird hauptsächlich zur Fabrication des Hufnageleisens, der Radreifen, des Drahteisens, der Achsen ꝛc. angewendet; alles Stücke, welche Weichheit bei der Bearbeitung und eine große Zähigkeit erfordern.

Das halbfeste Eisen hält die Mitte zwischen dem harten und dem weichen Eisen; es wird hauptsächlich zur Fabrication der sogenannten Pariser Stifte und des gröbern Eisendrahtes angewendet.

Kaltbrüchiges Eisen. — Dies unterscheidet sich von dem weichen Eisen dadurch, daß, wenn es hohl liegt und man mit einem Hammer darauf schlägt, es zerspringt. Bei einigen ist dieser Fehler so bedeutend, daß man es nur auf die Erde zu werfen braucht, um es in Stücke zerspringen zu sehen.

Dieses Eisen, welches alles phosphorhaltig ist, hat einen krystallinischen Bruch mit weißen und glänzenden Flächen, eben und ohne Zähne oder Haken. In der Glühhitze schmiedet es sich und schweißt es gut, allein unter der Feile ist es hart. Man verwendet es zu manchen kleinen Eisenwaaren, wie Ofenschaufeln, Ofenzangen ꝛc. und zu einigen Nägeln.

Rothbrüchiges Eisen. — Es ist daran kennbar, daß es in der Glühhitze sich nur schwer schmieden läßt, und daß es unter der Wirkung des Hammers Risse erhält. Dieses stets schwefel- und arsenikhaltige Eisen hat einen dunkeln und matten Bruch; ist es fadig, so sind die Faden grob und zerrissen. Es sind nur $\frac{3}{1000}$ Theile Schwefel hinreichend, um das Eisen unschweißbar zu machen.

Außer den fremdartigen Substanzen, welche das in den Handel kommende Eisen in drei Klassen theilen, findet man auch noch fünf andere Fehler, welche von einer mangelhaften Fabrication herrühren, näm-

lich: 1) Trennungen; 2) Schiefern; 3) Aschenlöcher; 4) Kantenrisse; 5) Queerrisse.

Trennungen. Die Trennungen sind Stellen, welche in Folge fremdartiger, dazwischen gelangter Substanzen, oder wegen der verschiedenen Temperatur der bei der Schweißung zu vereinigenden Stücke, schlecht geschweißt sind.

Sie zeigen sich durch die Leichtigkeit, mit denen diese Stücke nach entgegengesetzten Richtungen, durch darauf einwirkende Kräfte, von einander getrennt werden können.

Schiefern. Die Schiefern sind Fäden, welche an der einen Seite an den Stäben festhängen; das schieferige Eisen ist im Allgemeinen glänzend.

Aschenlöcher. Die Aschenlöcher sind grauschwarze Punkte, welche das Eisen unansehnlich machen, jedoch seiner Qualität nicht nachtheilig sind; sie rühren gewöhnlich von Kohle, oder von erdigen Substanzen her, die dem Eisen beigemengt sind.

Kantenrisse sind Querrisse auf den Kanten der Stäbe; sie rühren gewöhnlich von einem Mangel an hinreichender Bearbeitung des Eisens her.

Querrisse sind Risse auf der Oberfläche der Stäbe.

Ehe man das Eisen kauft oder annimmt, unterwirft man es gewissen Proben, die den Zweck haben, seine Beschaffenheit zu bestimmen. Diese Proben sind nothwendig nach der Anwendung, wozu das Eisen bestimmt ist, verschieden; dennoch giebt es gewisse Proben, welche sich fast bei jedem Eisen anwenden lassen; es sind die folgenden: Man macht den zu probirenden Stab in einer Schmiedeesse rothglühend; darauf biegt man ihn auf sich selbst zurück, und läßt ihn bis zur dunkeln Rothglühhitze erkalten, worauf man ihn in entgegengesetzter Richtung zurückbiegt und ihn noch kälter werden läßt. Wenn er

nun gänzlich erkaltet ist, so haut man die Biegung so tief ein, daß der übrige Theil nicht so viel Widerstand leistet, worauf man ihn so oft hin- und herbiegt, bis daß er zerbricht und die Textur des Bruchs entblößt wird.

Die Proben der hellen und dunkeln Rothglühhitze beweisen, ob das Eisen rothbrüchig ist, oder nicht; die Proben im kalten Zustande, ob es weich ist.

Das kaltbrüchige Eisen zerbricht sogleich in der Kälte; zwischen der Scheere zerbricht es, ohne zerschnitten zu werden, und es knirscht zwischen den Schenkeln des Werkzeuges.

Weiches Eisen dagegen hat einen faserigen oder sehnigen Bruch, und seine Qualität ist um so besser, je weißer, länger, feiner und gleichartiger der Faden ist.

Eine sehr zweckmäßige Probe, welche man mit einem Eisenstabe anstellen kann, besteht darin, von einem Theil desselben ein Hufeisen anzufertigen.

In der Artillerie probirt man die Achsen dadurch, daß man sie auf zwei Schärfen an den beiden Endpunkten der conischen Theile legt und alsdann auf die Mitte einen Rammklotz fallen läßt. Darauf läßt man die Achse selbst auf einen gußeisernen Klotz fallen, so daß sie auch in der Mitte einen Stoß erhält.

Der Rammklotz wiegt etwa 6 Centner und fällt 1,20 Met. (4 Fuß) hoch herab. Der Pfeil oder die Biegung, welche die Achse macht, darf 5 Millim. ($2\frac{1}{4}$ Lin.) nicht übersteigen.

Die Achse selbst muß aus einer Höhe von 2,11 Met. ($6\frac{1}{2}$ Fuß) herabfallen.

Die Eisenbahnschienen probirt man dadurch, daß man sie mit einem Gewicht von 8000 Kil. (etwa 150 Ctr.) belastet, welches sie ohne Biegung, zwischen zwei Unterlagen, tragen müssen. Bei Schienen

von 30 bis 35 Kil. (63 bis 74 Pfd.) das laufende Meter, liegen die Unterlagen etwa 1,2 Met. ($3\frac{3}{4}$ Fuß) von einander entfernt.

Statistik des Eisens.

Das in dem Handel vorkommende Eisen läßt sich zuvörderst in 5 Haupteintheilungen bringen, nämlich: 1) Eisen, welches aus Holzkohlen-Roheisen durch den Heerdfrischproceß mit Holzkohlen erzeugt ist und unter dem Hammer seine Form erhalten hat; 2) Eisen aus Holzkohlen im Heerde gefrischt, aber unter Walzwerken bearbeitet; 3) Eisen aus Holzkohlen-Roheisen, mit Steinkohlen im Puddelofen dargestellt und alsdann ausgeschmiedet; 4) Eisen aus Holzkohlen-Roheisen, im Puddelofen mit Holz, Torf, Braun- oder Steinkohlen, oder mit Gasen erzeugt, und alsdann ausgewalzt; 5) Eisen aus Koaks-Roheisen im Puddelofen mittelst Walzwerken dargestellt.

Stabeisen aus Holzkohlen-Roheisen durch den Heerdfrischproceß und mit Hülfe von Hämmern erzeugt. Dieses Eisen, welches das beste von allen ist, wird in die gröbern und in die feinern Sorten getheilt.

Das bei der Heerdfrischarbeit zu Stäben geschmiedete Eisen ist zwar fertige Kaufmannswaare und zur weitern Verarbeitung in den Maschinen-Werkstätten geeignet; jedoch nicht zu allen Anwendungen ist das Stabeisen in der Form, wie es gewöhnlich vom Stabeisenhammer geliefert wird, geeignet, indem es in den Handschmieden erst zu kleinern Dimensionen zurückgeführt werden müßte, um für die Zwecke des Maschinenbaues anwendbar zu sein. Deßhalb wird die Darstellung des Stabeisens in kleinern Dimensionen schon auf den Hüttenwerken selbst vorgenommen, mit geringern Kosten, als in den kleinen Werkstätten des Schmieds und des Maschi-

nenbauers geschehen kann. Die Dimensionen, nach welchen das Stabeisen aus den Frischhütten abgeliefert wird, sind in den verschiedenen Ländern verschieden. Die deutsche Frischschmiede ist diejenige Heerdfrischarbeit, bei welcher das geschmiedete Eisen in Dimensionen dargestellt wird, welche dasselbe bei andern Heerdfrischmethoden erst durch eine spätere Bearbeitung in besonderen Feuern erhält. Die deutsche Frischschmiede und die Wallonenschmiede sind die einzigen Heerdfrischschmieden, welche sich nicht auf die Anfertigung von sogenanntem Grobeisen beschränken, sondern Stabeisen liefern, welches bei den anderen Heerdfrischmethoden schon in den sogenannten Kleineisenfeuern bereitet werden muß.

Wird die Streckarbeit nicht unter Hämmern, sondern unter Walzwerken verrichtet, so trennt man die Bereitung des Eisens nach gröberen und nach feineren Dimensionen, weil die feinen Eisensorten eine andere Behandlung unter den Walzwerken verlangen, und weil es bei der Flammenofenfrischerei theils nicht rathsam, theils nicht ausführbar sein würde, die Rohschienen in einer Hitze zu raffiniren und zu den feinsten Dimensionen auszustrecken.

Die Bereitung des Kleineisens unter den Kleinhämmern bei der Einmalschmelzarbeit in Heerden fällt häufig mit der Bearbeitung des Feineisens zusammen, indem das Grobeisen aus den Frischhütten bald zu Stabeisen von kleineren Dimensionen, wie es die deutsche Frischschmiede und die Wallonenschmiede unmittelbar liefern, bald zu ganz feinen Eisensorten ausgestreckt wird. Diese Eisensorten sind es aber nur allein, welche in den Gegenden, wo die deutsche oder die Wallonenfrischschmiede eingeführt sind, in den Kleineisenfeuern bereitet werden.

Die Bereitung des Klein- und des Feineisens mag unter Hämmern oder unter Walzwerken gesche-

hen, so unterscheidet man doch immer Quadrateisen, flaches Eisen, Rundeisen und Façoneisen. Was unter den 3 ersten Eisensorten zu verstehen ist, geht schon aus der Benennung hervor. Das Façoneisen kann im Querschnitt sehr verschiedenartige Flächen zeigen, wie es der Bestimmung, die das Eisen erhalten soll, angemessen ist. Solches Eisen wird gewöhnlich nur auf besondere Bestellungen angefertigt.

In den königl. preußischen, so wie in den meisten deutschen Staaten überhaupt sind die Dimensionen, nach welchen die Eisenstäbe in den Frischhütten von den Frischern, unter dem Hammer geschmiedet, abgeliefert werden müssen, folgende:

Für das Quadrateisen: 4 Zoll, $3\frac{1}{2}$, 3, $2\frac{7}{8}$, $2\frac{3}{4}$, $2\frac{5}{8}$, $2\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{4}$, $1\frac{7}{8}$, $1\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{7}{8}$, $\frac{3}{4}$ und $\frac{5}{8}$ Zoll. Schwächeres Quadrateisen als das von $\frac{5}{8}$ Zoll, sind die Frischer nicht verpflichtet abzuliefern, und die feineren Sorten werden unter leichteren Hämmern ausgereckt.

Für das flache Eisen: 6 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll stark, $5\frac{1}{2}$ breit und $\frac{1}{2}$ stark, 5 breit und $\frac{1}{2}$ stark, 4 breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $3\frac{1}{2}$ breit und $\frac{1}{2}$ stark, 3 breit und $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{7}{8}$ breit und $\frac{3}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{3}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{2}$ breit und $\frac{3}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $2\frac{1}{8}$ breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, 2 breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{7}{8}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{3}{4}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{5}{8}$ breit und $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{1}{2}$ breit und $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{8}$ stark, $1\frac{3}{8}$ breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8}$ stark und $1\frac{1}{8}$ Zoll breit und $\frac{3}{8}$ Zoll stark. Ferner 3″ bis $1\frac{1}{2}$″ breit und $\frac{3}{16}$″ stark (Reifeneisen) und endlich $1\frac{3}{8}$″ bis 1″ breite und $\frac{3}{16}$″ starke, so wie auch $\frac{7}{8}$″ bis $\frac{3}{4}$″ breite und $\frac{1}{4}$″ starke Stäbe. Diese letzten Sorten führen den Namen Hufstabeisen.

Je feiner die Sorten sind, welche von dem Frischer verlangt werden, desto größer ist nicht allein der zum Schmieden nöthige Zeitaufwand, folglich desto

geringer die wöchentliche Production, weil das Einschmelzen des Roheisens durch die zum Ausschmieden erforderliche längere Zeit verzögert wird, sondern auch der Aufwand an Eisen und Kohlen, weil die feineren Eisensorten ein öfteres Wärmen der Kolben nothwendig machen.

Das Materialeisen für die feineren Eisensorten, welche unter leichten Hämmern ausgeschmiedet werden, besteht gewöhnlich aus 3 Fuß langen und $\frac{5}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll dicken Quadratstäben.

Man unterscheidet gewöhnlich drei Sorten von diesem feinern Eisen. Im nördlichen Deutschland finden dabei gewöhnlich folgende Dimensionen Statt:

Ordinäres Bandeisen: das flache Eisen von $\frac{7}{8}$'' bis $\frac{5}{8}$'' breit und $\frac{1}{4}$'' bis $\frac{1}{8}$'' stark; so wie von 3'' bis $\frac{3}{4}$'' breit und $\frac{1}{8}$'' stark.

Feines Bandeisen. Von 3'' bis $\frac{1}{2}$'' breit und $\frac{1}{12}$'' bis $\frac{1}{16}$'' stark.

Ordinäres. Das $\frac{1}{20}$zöllige Quadrateisen und das Rundeisen von $\frac{5}{8}$'' bis $\frac{1}{2}$'' im Durchmesser.

Feines Reckeisen. Quadratstäbe von $\frac{7}{16}$'' bis $\frac{1}{4}$ Zoll. Rundeisen von $\frac{7}{16}$'' bis $\frac{1}{4}$'' im Durchmesser.

Diese Dimensionen gelten sowohl für das unter dem Hammer geschmiedete, als für das unter den Feineisenwalzwerken ausgestreckte Eisen.

Alle feineren Eisensorten werden in Gebunden eingebunden, das zum Bande dienende Eisen aber mit gewogen. Mit dem Gewicht eines solchen Gebundes richtet man sich nach dem Gebrauch und nach der Sitte des Landes.

Stabeisen aus Holzkohlenroheisen und durch den Heerdfrischproceß dargestellt, aber mit dem Walzwerk bearbeitet. Dieses Eisen unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur dadurch, daß man die Hämmer durch Walzwerk ersetzt hat.

Man kann sie in zwei Abtheilungen bringen, nämlich: in Eisen, welches mit Holzkohlen oder mit Holz, und in solches, welches mit Steinkohlen geglüht worden ist.

In beiden Fällen ist die Qualität des Eisens im Wesentlichen dieselbe, obgleich das erstere stets etwas mehr Werth hat.

In Deutschland giebt es sehr viele Hütten, welche Stabeisen aus Holzkohlen-Roheisen durch den gewöhnlichen Frischproceß erzeugen, es unter dem Hammer zängen und zu Kolben ausschmieden, und diese Kolben alsdann mittelst Walzwerken zu den gröbern und feinern Stabeisensorten, die wir schon vorhergehend näher bezeichnet haben, auswalzen.

Das Eisen dieser Art wird außerdem auch noch zu Schneideisen, zu Draht und zu Blech verarbeitet. Auch gehören hierher noch manche geformte Eisensorten, als sechskantiges, achtkantiges, das Winkeleisen zur Anfertigung der Dampfkessel ꝛc., von denen wir jedoch im Verfolge des Werkes näher reden werden.

Was nun die Drahtsorten anbetrifft, so hat fast jede Drahthütte für die verschiedenen, welche sie anfertigt, eigenthümliche Benennungen. Dadurch wird die Vergleichung der Dicke der Drahtsorten aus den verschiedenen Drahtfabriken ganz unmöglich; sie kann nicht anders als durch unmittelbares Nachmessen oder Kalibriren angestellt werden. Sehr wünschenswerth wäre es, die Drahtsorten bloß mit fortlaufenden Nummern zu bezeichnen, und jeder Nummer auf allen Drahthütten eine gleiche Dicke zuzutheilen. Fabriken, die besseres und zäheres Eisen verarbeiten, würden dann zwar eine größere Anzahl von Drahtnummern haben, weil sie feinere Drähte liefern können, als die Hütten, welche mürberes Eisen zu verarbeiten genöthigt sind; allein die gleichnamigen Drahtnummern

würden dann wenigstens auf allen Fabriken eine gleiche Dicke haben.

Die Benennungen: Ketten=, Schlappen=, Rinken=, Malgen=, Memel=, Klink=, Nadel= oder Kupferschmiedendraht, Kesseldraht, Glaserdraht, Drechslerdraht, Riemerdraht, Leuchterdraht für die gröberen; ferner Mitteldraht, Schilling, Riggen oder Band; oder Hackendraht, Schleppdraht, Dorndraht, Mauschel=draht, Feuerzangendraht, Böhm, Schlingendraht für die mittleren, und Stahlen, Garinge, Hohl; oder ein, zwei, drei u. s. f. Blei für die feinsten Drahtsorten, welche Benennungen in den verschiedenen Provinzen schon so sehr das Bürgerrecht erlangt haben, daß sie nicht füglich abgeschafft werden können, mögen immer beibehalten werden; allein durch die Bezeichnung mit fortlaufenden Nummern würde auch zugleich die Stärke oder die Dicke des Drahtes angegeben werden können, wenn jeder Nummer ein bestimmter Durchmesser, in Hunderttheilen eines rheinländischen Zolles ausgedrückt, zugetheilt würde.

Das Eisenblech, welches bei der Maschinenfabrication benutzt wird, zerfällt in starkes und schwaches. Das starke Blech wird zur Anfertigung der Dampfkessel angewendet, und seine Dicke beträgt $1\frac{3}{4}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$, 4, 5, 6 und 7 Millimeter. Die Länge dieser starken Blechtafeln beläuft sich auf 3 bis 10 Fuß, seine Breite 1 bis 5 Fuß.

Das Weißblech oder das verzinnte Blech kommt nur in kleinern und dünnern Tafeln vor und wird zu mannichfachen Gegenständen des Maschinenbaues gebraucht.

Stabeisen aus Holzkohlenroheisen, im Puddelofen dargestellt und ausgeschmiedet. Eisen dieser Art findet man in Deutschland nur wenig, wogegen diese Productionsmethode in der Champagne die ge=

wöhnlichste ist. Uebrigens wird es auf dieselbe Weise classificirt wie die vorhergehenden Arten.

Stabeisen aus Holzkohlenroheisen, durch den Puddelproceß dargestellt und ausgewalzt. Das Eisen dieser Art ist jetzt häufig in Deutschland, hauptsächlich in den Rheinlanden und wird sehr viel in der Maschinenfabrication verwendet.

Der Puddelproceß gestattet unter allen Umständen eine rasche und bedeutende Production, und wenn die Bearbeitung unter dem Walzwerk mit Sorgfalt ausgeführt wird, so hat sie wesentliche Vorzüge vor dem Ausschmieden, ohne einen wesentlichen nachtheiligen Einfluß auf die Qualität des Eisens zu äußern.

Die Classification dieses Eisens und seine Dimensionen sind ganz dieselben, wie sie weiter oben aufgezählt werden, weßhalb wir hier nichts weiter darüber sagen.

Stabeisen aus Koaksroheisen, im Puddelofen und mittelst Walzwerken erzeugt. Obgleich dieses Eisen von geringerer Qualität ist, als die vorhergehenden Sorten, so wird es doch jetzt sehr häufig in der Maschinenfabrication besonders zu starken Stücken verwendet; denn nicht allein giebt es schon jetzt in einigen Provinzen Deutschlands, besonders in Oberschlesien und in den Rheinlanden viele Hütten, die sich nur der mineralischen Brennstoffe bedienen, sondern es wird auch viel Eisen dieser Art aus Belgien und England nach Deutschland eingeführt.

Verbindungen des Eisens mit der Kohle.

Das Eisen bildet mit der Kohle oder dem Kohlenstoffe verschiedene Verbindungen oder Gemenge, deren Verwendung bei dem Maschinenbau von der größten Wichtigkeit ist. Diese Verbindungen unterscheiden sich untereinander nur durch das Verhältniß des Kohlenstoffs und einiger stets zufällig vorhandener fremdartiger Substanzen und zerfallen in zwei

große Abtheilungen, nämlich: 1) in den Stahl; 2) in das Roheisen.

Der hauptsächliche Unterschied zwischen Roheisen und Stahl besteht darin, daß der letztere sich in Beziehung auf seine Unschmelzbarkeit und seine Bearbeitung dem Stabeisen nähert, während das Roheisen in einer weit weniger hohen Temperatur schmelzbar ist.

Stahl.

Als Grundtypus des Stahls sieht man eine Verbindung von reinem Eisen und reinem Kohlenstoff in folgenden Verhältnissen an:

99 Eisen.
1 Kohlenstoff.
100 Stahl.

Diese Verbindung ist nicht ganz bestimmt, und je nachdem die Kohlenstoffmenge geringer oder größer ist, nähern sich die Eigenschaften der Substanz entweder mehr denen des Stabeisens, oder denen des Roheisens; es rührt dies daher, weil man nicht weiß, ob es eine Verbindung, oder nur ein Gemenge ist.

Bei den hier mitgetheilten Verhältnissen hat der Stahl fast das äußere Ansehen des Eisens, allein er ist weit härter, selbst nachdem er geglüht und langsam abgekühlt worden ist. Er ist graulichweiß, hat einen vollkommen ebenen Bruch, einen metallischen Glanz, eine gleichartig feinkörnige Textur und seine mittlere Dichtigkeit ist 7,8.

Rothglühend gemacht und dann plötzlich in's Wasser getaucht, erlangt der Stahl eine außerordentliche Härte; er ist in diesem Falle weit spröder und weit weniger dicht als vorher. Man nennt diese Operation das Härten.

Je nach den Localitäten, woher man das Material zieht, so wie nach der Art und Weise der Behandlung dieses Materials erhält man sehr verschiedene Arten desselben. Die den Stahl hauptsächlich verunreinigenden Substanzen sind: Kiesel, kieselige Gläser, Eisenoxyd, verschiedene Metalle, Schwefel, Phosphor und phosphorsaure Verbindungen.

Die Wirkung dieser Stoffe besteht, außer in einer Veränderung gewisser Eigenschaften des Stahls, darin, daß sie ihm eine größere Härte ertheilen.

Im Handel unterscheidet man die nachstehenden 5 Hauptsorten des Stahls, welche hier nach ihrer Härte classificirt sind: 1) Cementstahl; 2) Roh- oder Schmelzstahl; 3) wilder Stahl; 4) Gußstahl; 5) Wootz.

Bereitung dieser verschiedenen Stahlarten.

Cement- oder Brennstahl. Der Cementstahl wird dadurch bereitet, daß man Flacheisenstäbe eine gewisse Zeit lang, in einer Umgebung von Kohlenpulver, und gegen die Berührung der Luft geschützt, in Kästen von gebranntem Thon einschließt, die einer möglichst anhaltenden Rothglühhitze ausgesetzt werden. Das, was während des Processes vor sich geht, ist noch ein Geheimniß; zu der Zeit, als die Herren Laurent und Leplet ihre Theorie von dem Verfrischen der Metalle mittheilten, eine Theorie, nach welcher eine gewisse Kohlensäuremenge in Berührung mit der Kohle Kohlenoxyd würde, während eine andere Menge von Kohlenoxyd, in Berührung mit dem Eisen, sich in Kohlensäure verwandle, hat man es versucht, Kreide auf den Boden der Cementirkästen zu bringen, um eine größere Kohlensäuremenge zu entwickeln, und um die Cementation zu beschleunigen. Man glaubte bessere Resultate zu er-

halten, allein heutiges Tages hat man eine neue Theorie aufgestellt, nach welcher man annimmt, daß die Kohlung des Eisens durch das gekohlte Wasserstoff und nicht durch das Kohlenoxyd hervorgebracht worden ist. Diese letztere Theorie verdient dadurch den Vorzug, daß die Erfahrung seit langer Zeit bewiesen hat, daß die Cementation weit besser mit thierischer, als mit Pflanzenkohle bewirkt wird. Nun hält aber thierische Kohle, wenn sie nicht mit der größten Sorgfalt gebrannt worden ist, stets einige unzersetzte Theile zurück, die bei einer neuen Verbrennung gekohltes Wasserstoff zurückbehalten. Das, was uns bei der Cementation durch das Kohlenoxyd schwierig annehmbar zu sein scheint, besteht darin, daß die mit Kohlenstaub angefüllten Kästen eine hinreichende Sauerstoffmenge aus der Luft enthalten sollten, um die Cementation auf die wirksame Weise zu betreiben, wie es wirklich der Fall ist.

Die Cementation der Stäbe wird von der äußern Oberfläche nach der Mitte zu bewirkt, woraus folgt, daß unter einem gegebenen Querschnitt, die Zusammensetzung veränderlich und um so eisenhaltiger ist, je näher der betrachtete Punkt nach der Mitte zu liegt. Es ist dies ein Mangel des Cementstahles; bei seiner Anwendung muß man daher dafür sorgen, daß er eine Zeit lang warm geschmiedet werde, um ihm eine größere Gleichförmigkeit zu geben.

Je reiner das Eisen ist, um so weicher ist der daraus dargestellte Cementstahl; enthält das Eisen Mangan, so erfolgt daraus ein fester und elastischer Stahl, der zu Federn und schneidenden Instrumenten sehr zweckmäßig ist. Der englische Brennstahl, der aus dem besten schwedischen Eisen dargestellt wird, verdankt seine große Elasticität nur dem Mangan, welches Metall dieses Eisen mehr oder weniger enthält.

Der Cementstahl läßt sich sehr gut schmieden und schweißen, sowohl mit sich selbst, als auch mit Eisen, allein er ist zuweilen schiefrig. Um diesen Mangel zu vermeiden, unterwirft man ihn, bei mancherlei Anwendungen, einer zweiten Cementation vor welcher man ihn recht oft sorgfältig unter dem Hammer raffinirt, d. h. ausschweißt und ausschmiedet.

Das Härten. Man unterscheidet zwei Arten des Härtens bei dem Cementstahl.

Die erste Art besteht darin, ihn in einem Schmiedefeuer rothglühend zu machen, und alsdann im Wasser abzulöschen. Dieses Verfahren hat das Nachtheilige, seine Härte zu vermindern, und ihm einen Theil des Kohlenstoffgehalts zu nehmen, indem dagegen die Eisenoxydmenge zunimmt.

Die zweite Art der Härtung nennt man die Einsatzhärtung; sie besteht darin, den Stahl in einem blechernen Cylinder mit Kohlenstaub zu umgeben, und dann der Glühhitze auszusetzen, so daß er gegen die Einwirkung der Luft geschützt ist, worauf er, wie bei dem erstern Verfahren, ins kalte Wasser untergetaucht wird.

Dieser Stahl wird zur Fabrication der Feilen und anderer Werkzeuge benutzt. Auch dient er zum Verstahlen der Hammerbahnen, der Meißelschärfen und der Amboßbahnen. Seine mittlere Zusammensetzung ist die folgende:

Kohlenstoff	0,75
Silicium	0,15
Mangan, Schwefel oder Phosphor	0,40
Eisen	98,70
	100,00.

Schmelzstahl oder Rohstahl. Es ist dies eine Verbindung des Eisens, der Kohle und kieseliger Gläser, welche von den Hohofenschlacken herrühren.

Dieser Stahl ist weit härter, als der vorhergehende, allein die Bestandtheile sind weniger genau miteinander vermengt. Man kann ihn entweder unmittelbar aus den Eisenerzen darstellen, wie es hin und wieder in den Pyrenäen und auf Corsica geschieht, oder, und dieß ist bei weitem der häufigste Fall, aus Roheisen, welches bei Holzkohlen oder Coaks erblasen worden ist, durch einen Frischproceß.

Der auf die erste Weise dargestellte Stahl ist weit weniger rein, als der aus Roheisen gefrischte; er enthält Eisen eingemengt, welches von einer zu schnellen Reduction des Eisens herrührt. Das Frischen verändert die Textur und die Bruchfarbe dieses Stahls; die Härtung vermindert seine Sprödigkeit; er läßt sich gut schmieden und schweißen, und da er wohlfeiler ist, als alle übrigen Stahlsorten, so wird er namentlich in Deutschland, wo seine Production sehr bedeutend ist, sowie auch in Frankreich, weit häufiger angewendet, als jeder andere Stahl. Seine Zusammensetzung ist dieselbe, wie die des Cementstahls, nur enthält er etwas mehr Silicat.

Der wilde Stahl ist eine Abänderung des Rohstahls und wird nur fast allein zu den Drahtzieheisen angewendet; er ist außerordentlich hart, nicht schweißbar und läßt sich auch nicht hämmern. — Der Rohstahl wird in den meisten Fällen raffinirt angewendet.

Gußstahl. Der Gußstahl ist eine Verbindung von Eisen, Kohle und Kiesel in höheren Verhältnissen, als bei dem Rohstahl. Wenn die Bestandtheile in einem richtigen Verhältnisse stehen, so kann das Gemenge schmelzen. Will man ein recht gleichartiges Material anwenden, so ist dieser Stahl der geeignetste; er ist hart und schwer schmiedbar und läßt sich ebenfalls auch nur schwierig schweißen, hauptsächlich mit dem Eisen. Man macht sehr dauerhafte

Schneidinstrumente davon, ohne daß man nöthig hätte, ihn in einer hohen Temperatur zu härten.

Man kann ihn darstellen, wenn man reines Eisen, Glas und kohlensauren Kalk in einem mit Kohlenfutter versehenen Tiegel schmilzt. Die Einwirkung des kohlensauren Kalkes ist dieselbe, wie bei dem Brennstahl; nur schmilzt hier der zurückbleibende Kalk und vermengt sich mit den Silicaten.

Man gebraucht den Gußstahl zur Anfertigung von Meißeln, von Zieheisen, von Walzen für die Gold- und Silberarbeiter und zu feinen Schneidinstrumenten.

Der Wootzstahl. Es ist dieß eine Verbindung von Eisen, Kohle und Kiesel, welche jedoch nur in Indien dargestellt wird. Dieser Stahl ist schmelzbar und außerordentlich hart; es ist der Kiesel, der ihm diese beiden Eigenschaften mittheilt; er wird durch das Schmieden weniger verdorben, als der übrige Stahl, weßhalb man ihn auch im Gemenge mit Eisen sehr gern zu Damascenerklingen verbraucht. In diesem Gemenge, bestehend aus verschiedenen Streifen von Eisen und Stahl, dem sogenannten Damast, gewährt der Stahl die Härte und das Eisen die Zähigkeit.

Roheisen.

In chemischer Beziehung ist das Roheisen darin von dem Stahl verschieden, daß es stets wenigstens 2 Proc. Kohlenstoff enthält.

Die Verhältnisse dieses letztern Elementes in dem Roheisen haben einen großen Einfluß auf seine Eigenschaften; jemehr es darin vorhanden ist, je besser läßt sich das rohe Eisen mit dem Meißel und mit der Feile bearbeiten, und eine um so dunklere Farbe hat der Bruch. Die Dichtigkeit des Roheisens ist verschieden; das am häufigsten bei'm Ma-

schinenbau angewendete, das kohlenstoffreichste, welches 5 bis 6 Proc. davon enthält, hat eine Dichtigkeit von 7,2 bis 7,6.

Die am häufigsten in dem Roheisen vorkommenden fremdartigen Bestandtheile sind die folgenden:

Silicium . .	1,5	in 1000 Roheisen.
Aluminium .	3	desgl.
Mangan . .	1	desgl.
Phosphor . .	2	desgl.
Schwefel . .	2	desgl.

Diese Substanzen können entweder zusammen, oder nur einige davon auf einmal vorkommen. Nach der Beschaffenheit und der Menge dieser Substanzen ist die Beschaffenheit des Roheisens verschieden.

Silicium und Aluminium gelangen als Thonerdesilicat durch die Hohofenschlacken, mit denen das Roheisen in Berührung steht, in dieses letztere. Diese Substanzen machen zwar das Eisen leichtflüssiger, aber auch spröder.

Das Mangan, welches aus dem Erz in das Roheisen gelangt, veranlaßt dessen Krystallisirbarkeit in großen tetraedrischen Krystallen, allein es kommt nur dann vor, wenn der Kiesel nicht vorherrscht. Uebrigens hat das Mangan nur für das zu verfrischende Roheisen Nutzen, allein gar keinen für das Gußeisen.

Der Schwefel und der Phosphor haben weit weniger Einfluß auf die Beschaffenheit des Gußeisens, als auf die des Stabeisens. Ihre Einwirkung ist der der Schlacken gleich.

Das Roheisen ist in der Luft nicht so leicht oxydirbar, als das Stabeisen; es hat nicht in demselben Maße, wie das letztere, die zerstörenden Agentien zu fürchten, mit denen die Metalle bei den Maschinen in Berührung stehen; die gesäuerten oder vitriolischen und das Meerwasser geben oft die Ver-

anlassung, statt des Gußeisens Kupfer, als Blech, oder in Legirung mit dem Zink oder Zinn, als Messing oder Bronze, anzuwenden.

Man unterscheidet bei dem Roheisen: weißes, halbirtes, aus weißem und grauem in gefleckter oder gestreifter Textur bestehend, graues Roheisen, schwarzes.

Das weiße Roheisen ist dasjenige mit dem wenigsten Kohlengehalt; wegen seiner Härte nähert es sich dem Stahl, allein es ist sehr spröde und läßt sich nur schwer bearbeiten. Zum Gießereibetriebe wird es gar nicht, sondern nur bei der Stabeisenfabrication angewendet, und hat daher bei dem Maschinenbau gar keinen Werth.

Das halbirte Roheisen besteht aus solchen Varietäten, bei denen die Krystallisation zu plötzlich, oder das Gemenge nicht gehörig bewirkt worden ist; entweder hat es einen weißen Grund mit grauen Flecken, oder einen grauen Grund mit weißen Flecken. Diese Roheisensorte wird gewöhnlich nicht expreß erzeugt, allein, wenn man in den Gießereien Maschinenstücke daraus gegossen hat, die alsdann weiter verarbeitet werden sollen, so verwirft man dieselben nicht, da besonders das weißgefleckte sich recht gut verarbeiten läßt.

Das graue Roheisen oder das eigentliche Gußeisen kann in hartes und in weiches getheilt werden. Letzteres wird vorzugsweise bei'm Maschinenbau angewendet. Seine Schmelzbarkeit ist etwas höher, als die des weißen Roheisens; sein Bruch ist körnig, es ist etwas dehnbar und elastisch, läßt sich leicht mit dem Meißel und der Feile bearbeiten, und man kann es mehrmals umschmelzen, ohne daß es diese Eigenschaften verliert, vorausgesetzt, daß man es gegen die Einwirkungen der Luft schützt und langsam erkalten läßt. Wird graues Roheisen nach dem Abstich plötzlich abgekühlt, so wird es weiß.

Diese Eigenschaft, welche in gewissen Fällen sehr nachtheilig ist, gewährt in andern dagegen Vortheile; so gießt man es in gußeiserne Formen oder Schalen, bei denen nämlich der Formsand durch gußeiserne, kalte Wände ersetzt ist, wodurch das eingegossene Roheisen weiß gemacht wird, und zwar um eine so bedeutende Dicke von der Oberfläche aus, je stärker die Schale oder gußeiserne Form selbst ist. Bringt man das durch plötzliche Abkühlung weiß gewordene Roheisen in den Ofen zurück, sticht es ab und läßt es langsam erkalten, so wird es wieder grau.

Man hat die Bemerkung gemacht, daß, wenn man das Roheisen unbedeckt oder offen absticht, es um so besser ist, je gewölbter oder convexer seine Oberfläche erscheint.

Häufig ist es auch zweckmäßig, verschiedene Sorten von Roheisen miteinander zu vermengen, um daraus die zum Vergießen zweckmäßige Qualität erlangen zu können.

Das schwarze Roheisen, welches am meisten Kohle enthält, hat nur eine Dichtigkeit von 6,8; seine Eigenschaften sind die des dunkelgrauen Roheisens, d. h. es ist so weich, daß es sehr leicht zerbröckelt, und hat eine so bedeutende Porosität, daß es ihm gänzlich an Haltbarkeit fehlt; kurz, es ist ein schlechtes Roheisen, welches aber sehr leicht verbessert werden kann, wenn man einen Zusatz von hartem grauen Roheisen macht.

II. Kupfer.

Allgemeine Eigenschaften.

Physikalische Beschaffenheit. — Das Kupfer bleibt bis zu einer sehr hohen Temperatur fest; man nimmt an, daß es bei 27° des Wedgwood'schen Pyrometers schmilzt. Läßt man es im

geschmolzenen Zustande ruhig stehen, so krystallisirt es in Hexaëdern oder Octaëdern; erhöht man dagegen die Temperatur noch mehr, so entstehen Dämpfe, welche in Berührung mit einer Flamme ihm eine schöne grüne Farbe geben, deren Stärke Veranlassung zu der Annahme geben könnte, daß das Metall sehr flüchtig sei. Jedoch ist dieß nicht der Fall, denn es folgt aus einem Versuche des Hrn. Berthier, daß Kupfer, welches in einem mit Kohle ausgefutterten Tiegel der starken Hitze des Porcelanofens zu Sèvres unterworfen wurde, nur $\frac{1}{2}$ Proc. Verlust gab.

Farbe, Geruch, Geschmack. — Das Kupfer hat eine glänzende braunrothe Farbe, welche ihm eigenthümlich ist; es hat auch außerdem einen Geruch und einen Geschmack, welche freilich nicht stark, aber unangenehm sind.

Dichtigkeit. — Die Dichtigkeit des Kupfers ist nach der Beschaffenheit, in welcher es sich befindet, verschieden.

Kupferdraht hat eine Dichtigkeit von	8,8785
Geschmolzenes Kupfer	8,7880
Geschlagenes Kupfer	8,8950

Dehnbarkeit. — Wenn die Länge einer Stange von reinem Kupfer gleich 1 ist, so beträgt seine Längenausdehnung zwischen 0 und 100°.

Nach Lavoisier u. Laplace in einer Mittelzahl	$\frac{1}{582}$
Nach Smeaton, geschlagenes Kupfer . . .	$\frac{1}{588}$
Nach Troughton	$\frac{1}{521}$
Nach Dulong und Petit von 0 bis 100° .	$\frac{1}{582}$
= = = = 0 bis 300° .	$\frac{1}{177}$

Zähigkeit. — Nach dem Eisen ist das Kupfer das zäheste von allen Metallen. Wir theilen hier die verschiedenen Resultate mit, welche die über diese Eigenschaft gemachten Versuche ergeben haben.

Zustand des Metalles.		Gewicht in Kilogr., welches ein Quadratcentimeter des Querschnitts im Augenblick des Zerreißens zu tragen vermag.
	Gehämmertes Kupfer 2486	
	Gewalztes = 2110	
	Geschmolzenes = 1339	

Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit. — Das Kupfer ist härter als Gold und Silber, allein es hat nur geringen Klang. Es ist sehr dehnbar und besonders sehr geschmeidig. Es läßt sich zu sehr dünnem Blech ausschmieden und auswalzen und zu sehr feinem Draht ausziehen; jedoch steht das Eisen in dieser Beziehung wegen seiner größern Zähigkeit noch über dem Kupfer.

Elektrische Beschaffenheit. — Das Kupfer ist nebst dem Golde, dem Platin, dem Queckfilber und dem Silber elektropositiv; mit dem Zinn, dem Blei, dem Eisen und dem Zink ist es elektronegativ.

Chemische Einwirkung der Luft. — Die trockne Luft greift das Kupfer nicht an; bei der feuchten ist die Einwirkung nur langsam; es bedeckt sich das Metall mit einer grünlichgrauen Haut, welche ein wasserhaltiges, kohlensaures Oxyd zu sein scheint.

In Berührung mit der Luft geglüht, bedeckt es sich mit einer Oxydulschicht, welche sich durch Schläge ablösen läßt; bis zum Schmelzpuncte geglüht, oxydirt es sich weit schneller. Vermengt man das Oxyd mit dem flüssigen Metall, so nimmt das letztere eine matte Farbe an, verliert an Dehnbarkeit. Um diese Oxydbildung zu vermeiden, wenn man das Kupfer in Berührung mit der Luft schmelzt, bedeckt man es mit Kohlenstaub, welcher das Oxyd, indem es sich bildet, zersetzt.

Chemische Einwirkung des Wassers. — Das Kupfer zersetzt das Wasser in keiner Temperatur, selbst nicht, wenn Säuren vorhanden sind.

Einwirkung der Säuren. — Die Schwefelsäure greift das Kupfer nicht an, wohl aber sein Oxyd, weßhalb es ganz vortrefflich zum Reinigen dieses Metalles ist. In concentrirtem und siedendem

Zustande wird die Säure durch das Kupfer in Sauerstoff zerlegt, welcher sich mit dem Kupfer verbindet, und in schwefligte Säure, welche sich verflüchtigt.

Die Chlorwasserstoffsäure greift im concentrirten Zustande das Kupfer an, wenn es sehr fein zertheilt ist, wie z. B. dann, wenn es durch das Eisen aus seinen Auflösungen gefällt worden ist.

Die Salpetersäure wird, wenn sie mit dem Kupfer in Berührung kommt, sehr rasch in Sauerstoff- und in Stickstoffoxyd versetzt, welche sich, indem es sich in Berührung mit der Luft in salpetrige Säuren verwandelt, in röthliche, sehr unangenehme und sehr nachtheilige Dämpfe entwickelt.

Verwandtschaften. — Schwefel, Phosphor und Arsenik sind Substanzen, für welche das Kupfer die größte Affinität hat. Es ist hinreichend, es in einer wenig hohen Temperatur, mit dem Schwefel in Berührung zu bringen, damit das Gemenge Feuer fange und sich in Schwefelkupfer verwandle; ein fast gleiches Verhalten zeigt auch das Kupfer zu den beiden andern genannten Substanzen.

Bringt man geschmolzenes Kupfer mit Kohle in Berührung, so absorbirt es eine geringe Menge von dieser Substanz und wird hart und spröde; es ist daher sehr unzweckmäßig und nachtheilig, Kupfer in einem Kuppolofen umzuschmelzen.

Wichtige Legirungen. Das Kupfer bildet mehre wichtige Legirungen mit dem Zink und dem Zinn als Basen, zu denen man bald Blei oder auch Nickel hinzusetzt, wie wir weiter unten näher sehen werden, wo wir von diesen Legirungen, von denen das Messing und die Bronze eine sehr bedeutende Rolle in dem Maschinenbau spielen, näher reden.

Beschaffenheit des im Handel vorkommenden Kupfers. — Das in dem Handel vorkommende Kupfer ist im Allgemeinen ziemlich rein,

wenn wir berücksichtigen, daß die darin vorkommenden fremdartigen Substanzen, wie Kupferoxydul, Eisen, Kohle, Antimon und Blei, einen weit geringern Einfluß ausüben, als auf das Eisen.

Man bezeichnet im Handel das Kupfer mit den Namen der Länder, in denen es gewonnen wird; man unterscheidet auf diese Weise:

Französisches Kupfer, englisches Kupfer, russisches Kupfer, schwedisches Kupfer, norwegisches Kupfer, mansfeldisches Kupfer, böhmisches und ungarisches Kupfer, peruanisches Kupfer, mexicanisches Kupfer, indisches Kupfer.

Das französische Kupfer wird zu Chessy und Saint-Bel im Rhone-Departement gewonnen; jedoch ist die Production dieser Gruben so gering, daß sie kaum für die Bedürfnisse der südlichen französischen Departements genügt. Das französische Kupfer ist sehr rein, sehr schön, leichtflüssig, dehnbar, elastisch, läßt sich leicht schmieden, leicht gießen, gut auswalzen und gut zu Draht ausziehen, es hat einen feinkörnigen und glänzenden Bruch.

Das englische Kupfer kommt hauptsächlich aus den Bergwerken in Cornwall und auf der Insel Anglesea. Es zerfällt in mehre Sorten, von denen die erste alle Eigenschaften des reinen Kupfers hat und zu jeder Anwendung benutzt werden kann, wogegen die zweite und dritte Sorte nur ein schlecht gar gemachtes, trocknes, hartes und sprödes Metall darbieten.

Das russische Kupfer ist im Allgemeinen rein und im Handel gesucht. Man unterscheidet bei demselben das Kupfer von den Werken der Krone und das von Privatwerken, unter welchem das Kupfer von Paschkoff, von Gregori, von Nicolaus Demidoff, von Laval ꝛc. gesuchte Sorten sind.

Das schwedische Kupfer gehört ebenfalls zu den besten; die besten Sorten halten den Vergleich mit allen übrigen aus, und die geringeren sind immer besser, als wie die schlechtern englischen. Es zeichnet sich dieses Kupfer im Allgemeinen durch eine lebhafte rothe Farbe aus, welche an den am meisten hervortretenden Theilen der Rosetten einen silbernen Reflex hat.

Das norwegische Kupfer steht, mit Ausnahme des Drontheimer, unter dem schwedischen, hat aber im Allgemeinen ebenfalls einen guten Ruf.

Das mansfelder Kupfer hat in neuerer Zeit, seitdem zu seiner Entsilberung nicht mehr der Saigerproceß angewendet wird, wodurch es nothwendig bleihaltig werden mußte, ebenfalls einen bedeutenden Ruf erlangt. Dasselbe läßt sich von dem böhmischen und ungarischen Kupfer sagen. Das an verschiedenen Orten in Deutschland producirte Kupfer, z. B. am Harze, im Erzgebirge, in den Rheinprovinzen ꝛc., bildet nur einen so geringen Theil von der Kupferproduction, daß es für den Handel kaum namhaft gemacht werden kann.

Das peruanische Kupfer ist im Allgemeinen schwärzlich, eisenhaltig, schweflig, spröde und brüchig. Es rührt dieß wohl größtentheils von dem schlechten Verfahren her, welches bei dem Garmachen angewendet wird. Dieß dürfte aber wohl in neuester Zeit sich verbessert haben, da man bei dem ganzen Kupferhüttenproceß jener Länder wesentliche Verbesserungen anzubringen gesucht hat.

Das mexicanische Kupfer ist noch schlechter, als das vorhergehende, jedoch muß bei beiden Sorten noch ausdrücklich bemerkt werden, daß sie über England nach Europa kommen, daß sie dort mehrmals gar gemacht uud gewöhnlich als schlechtes englisches Kupfer verkauft werden.

Das aus der Levante, namentlich aus Japan, zu uns kommende Kupfer ist im Allgemeinen sehr gut, jedoch lassen sich auch dabei mehre Gattungen unterscheiden: z. B. Avistakupfer, rothes Tokatkupfer, graues Tokatkupfer ꝛc., von denen das letztere Eisen, Schwefel und Blei enthält und daher eines nochmaligen Garmachens bedarf.

III. Zink.

Rein ist das Zink ein bläulich weißes, sehr glänzendes Metall, von einer blättrigen Textur und einem eigenthümlichen Geruch; es wird bei 374° C. flüssig, ist sehr flüchtig und destillirt schon in der starken Rothglühhitze. Langsam abgekühlt, oder wenn seine Dämpfe verdichtet werden, krystallisirt es. In der gewöhnlichen Temperatur wird es von der feuchten Luft angegriffen, und wird von einer weißen Schicht bedeckt, welche aus Zinkoxyd besteht; unter Zutritt der Luft erhitzt, oxydirt es sich leicht; rothglühend gemacht, verbrennt es mit Flamme und verbreitet in der Atmosphäre einen weißen Dampf, der aus nichts Anderem, als aus dem Oxyde besteht. Es zersetzt in der gewöhnlichen Temperatur, unter dem Einfluß der schwächsten Säuren, das Wasser.

Das in den Handel kommende Zink ist nicht ganz rein; die es verunreinigenden Substanzen sind gewöhnlich Kohle, Kupfer, Cadmium, Eisen, Mangan und Arsenik. Um es von allen diesen Substanzen zu reinigen, muß es einer Destillation unterworfen werden.

Der Verbrauch des Zinks in den Gewerben hat seit einigen Jahren außerordentlich zugenommen. Man benutzt es zum Dachdecken, im Haushalt zu mancherlei Geräthen, die außerdem aus Weißblech und Holz angefertigt werden; endlich wird es auch

statt des Schwarzbleches zu Röhren, ferner auch zu Ornamenten bei'm Hausbau und bei der Zimmerverzierung, zu Statuen ꝛc. verwendet. Wenn dieß Metall auch zu manchem dieser Zwecke sehr brauchbar ist, so müssen wir doch auf der andern Seite eingestehen, daß seine Brauchbarkeit in vielen Fällen bestritten werden kann. Da das Metall sehr leicht oxydirt, so wird die Dachbedeckung, so werden Ornamente von demselben auch sehr leicht zerstört. Zu häuslichen Zwecken ist das Zink sogar häufig gefährlich, da es leicht von der feuchten Luft angegriffen wird, und da die Zinksalze, die sich gar nicht schwierig bilden, sämmtlich giftig sind.

Zinkbedachungen sind zwar leicht und gestatten leichte und flache Dachstühle; allein wie bei Bränden schützt es nicht nur nicht, sondern einmal heiß geworden, trägt es auch zur Beförderung der Feuersbrunst bei.

Ebenso ist es auch sehr unzweckmäßig zu Essenröhren; denn man kennt Fälle, bei denen solche Röhren durch den in Flammen gerathenen Ruß schmolzen und zu Feuersbrünsten Veranlassung gaben.

IV. Zinn.

Rein ist das Zinn weiß, oxydirt sich nicht leicht, schmilzt bei 267° C. und verflüchtigt sich nicht leicht. Bei einer langsamen Abkühlung krystallisirt es in Rhomboedern. Bei'm Biegen knirrscht (schreit) es desto stärker, je reiner es ist und bricht nicht leicht ab, weßhalb das Biegen eine gute Probe der Reinheit ist.

Wenn man geschmolzenes Zinn auf eine Fläche ausgießt, so zeigt es im reinen Zustande nach dem Erstarren einen hellen, spiegelartigen Glanz; nur wenn es unrein ist, eine matte, mehr graue Ober-

fläche. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird das Zinn spröde; erhitzt man daher ein größeres Stück, bis es an den Kanten abzutropfen anfängt, und schlägt dann schnell und kräftig mit dem Hammer darauf, so zerfällt es in Theile, deren Bruchflächen ausgezeichnet faserig sind.

Man kann diese Methode anwenden, um dicke Zinnstücke zu zertheilen. Reines Zinn hat ein spec. Gewicht von 7,29, welches durch Hämmern und Walzen nur unbedeutend vergrößert wird. Das käufliche Zinn enthält öfters Antimon und sehr wenig Arsenik, wodurch sein spec. Gewicht bis auf 7,05 sinken kann; oder Eisen, Kupfer, Wismuth, Blei, wodurch es bis zu 7,58 steigt. Danach kann ein Cubikfuß Zinn 375 bis 400 Pfund wiegen. Sehr gering ist die absolute Festigkeit des Zinns, welche bei gegossenem Metalle 2900 bis 5300, bei Draht 4600 bis 6000 Pfund für den Quadratzoll beträgt.

Das Zinn wird, seiner Kostspieligkeit wegen, sehr gewöhnlich mit Blei vermischt verarbeitet. Es wird durch diesen Zusatz specifisch schwerer und (wenn das Blei weniger als das Doppelte von der Menge des Zinns beträgt) zugleich schmelzbarer, wie man aus folgender Uebersicht abnehmen kann:

Zinn, Theile.		Blei, Theile.	Schmelzhitze.	Spec. Gew.
6	mit	1	155° R.	—
4	—	1	149° R.	—
3	—	1	144° R.	7,994
2	—	1	137° R.	8,267
1	—	1	151° R.	8,864
1	—	2	183° R.	9,554
1	—	4	207° R.	—

Das mit Blei legirte Zinn eignet sich besser zum Gießen als reines Zinn, weil jenes die Formen genauer ausfüllt; aber es verliert durch die Vermischung seine schöne weiße Farbe, läuft an der Luft

an, wird weicher, und, wenn es viel Blei enthält, bei der Anwendung zu Speisegeräthen, der Gesundheit nachtheilig. Daher ist durch gesetzliche Vorschriften wohl nirgend ein größerer Bleizusatz bei der Verarbeitung gestattet, als ein Drittel des Zinngewichtes. Man unterscheidet:

Vierstämpeliges Zinn, aus	32	Th.	Zinn	und	1	Th.	Blei
Dreistämpeliges	—	—	5	—	—	1	—	—
Fünfpfündiges	—	—	4	—	—	1	—	—
Vierpfündiges	—	—	3	—	—	1	—	—
Zweistämpeliges (dreipfündiges)	—	—	2	—	—	1	—	—
Zweipfündiges	—	—	1	—	—	1	—	—

V. Blei.

Die am meisten charakteristischen Eigenschaften dieses Metalles, nämlich seine lichtgraue Farbe, seine große Weichheit und sein bedeutendes specifisches Gewicht sind hinlänglich bekannt. Frisch geschabte oder geschnittene Oberflächen zeigen einen sehr starken Glanz, der sich aber durch den Einfluß der Luft bald verliert. An Härte steht das Blei allen anderen, in den mechanischen Gewerben verarbeiteten Metallen nach; es läßt sich leicht biegen, mit dem Messer schneiden, nimmt selbst von dem Fingernagel Eindrücke an und färbt, auf Papier oder an den Händen gerieben, ziemlich stark ab. Durch Bearbeitung nimmt die Härte nicht merklich zu. Das specifische Gewicht wird verschieden angegeben, von 11,2 bis 11,445; letztere Zahl ist die wahrscheinlichere, denn das käufliche, durch Verunreinigung mit andern Metallen stets etwas leichtere Blei hat ein specifisches Gewicht von 11,33 bis 11,37. Daher wiegt ein Cubikfuß Blei 600 bis 610 Pfd. Auf den Bruchflächen zeigt das Blei ein gleichartiges, wie geschmolzenes Ansehen.

Es ist unter den gewöhnlichen Umständen sehr dehnbar, so daß es erst nach sehr oftmaligem Hin- und Herbiegen abbricht und sich mit der größten Leichtigkeit hämmern und zu dünnen Blättern auswalzen läßt. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird es aber, gleich dem Zinn so spröde, daß es durch starke Hammerschläge, oder heftig gegen den harten Fußboden geschleudert, in Stücke bricht, welche auf dem Bruche ein krystallinisch-faseriges Gefüge zeigen. Gefeilt kann das Blei nicht ohne Unbequemlichkeit werden, weil die Feilspäne durch ihre Weichheit sich in die Vertiefungen der Feile hineinschmieren, und dieselben verstopfen. Raspeln greifen besser an. Die Arbeiter nennen Metalle, welche ein solches Verhalten zeigen (wie auch das Zinn und Zink), pelzig. Die absolute Festigkeit des Bleies ist sehr unbedeutend; man hat sie, für einen Quadratzoll, bei gegossenem Blei 800 (?) bis 1600 Pfd., bei Draht 1700 bis 2950, bei gewalzten Platten 1060 bis 2200 Pfund gefunden. Die Schmelzhitze des Bleies hält auf 258° R., also noch vor dem Glühen. Schon bei'm Liegen an der Luft oxydirt sich das Blei, und überzieht sich mit einer dünnen grauen Kruste (Bleisuboxyd), welche allmählig noch mehr Sauerstoff und überdieß Kohlensäure aufnimmt und zu einem weißen, pulverigen, lose anhängenden Ueberzuge von kohlensaurem Bleioxyde wird. Viel schneller erfolgt die Oxydation bei'm Schmelzen unter Luftzutritt, wobei das Metall anfangs mit einer feinen, Regenbogenfarben spielenden Haut, hernach aber mit einer grauen Kruste von Suboxyd (Bleiasche) sich bedeckt. Die Bleiasche wird durch Glühen nach und nach zu gelbem Bleioxyd (Bleigelb, Massicot, Neugelb, Königsgelb), und dieses bei anhaltend fortgesetzter schwacher Glühhitze zu rothem Bleioxyd (Mennige). In

dem gelben Bleioxyde sind 92,8 Procent, im rothen 89,6 Procent Blei enthalten.

Die Bleioxyde schmelzen in mäßig starker Rothglühhitze, werden sehr dünnflüssig, greifen die irdenen Schmelzgefäße sehr stark an, und durchdringen sie. Die Glätte oder Bleiglätte (Gold- und Silberglätte) ist ein halbgeschmolzenes Bleioxyd. In starker Glühhitze verdampft das Blei, und die Dämpfe verwandeln sich zugleich durch den Einfluß der Luft in Bleioxyd.

Das meiste käufliche Blei ist mehr oder weniger (zu 1 bis 2 Proc.) mit fremden Metallen verunreinigt. Sehr oft enthält es eine ganz kleine Menge Silber; gewöhnliche Verunreinigungen sind Kupfer und Antimon, seltener Zink und Arsenik, noch seltener Eisen. Diese Beimischungen verringern das specifische Gewicht und zum Theil in Etwas die Dehnbarkeit, vermehren aber die Härte und größtentheils auch die Festigkeit. Sehr häufig ist dem Blei eine kleine Quantität Bleisuboxyd beigemengt, namentlich wenn es öfter unter Luftzutritt umgeschmolzen wurde, und auch hierdurch wird seine Härte und Festigkeit vergrößert. Ein aus antimonhaltigen Erzen abgeschiedenes, stark antimonhaltiges Blei ist das sogenannte Hartblei. Die Eigenschaft des Bleies, durch Zusatz von wenig Antimon viel härter zu werden, benutzt man bei der Zusammensetzung des Schriftgießermetalles. Eine solche Mischung, aus 16 Th. Blei und 1 Th. Antimon, soll ihren Schmelzpunct schon bei 211° R. haben.

VI. Legirungen des Kupfers.

Kupfer und Kalium.

Das Kalium, ein außerordentlich oxydirbares Metall, indem es das Wasser plötzlich in der gewöhnlichen Temperatur mit Flammenentwickelung zer-

setzt, leichtflüssig, flüchtig und sehr schwer reducirbar, wird im metallischen Zustande nur zu einer Legirung mit dem Kupfer benutzt. Die sehr geschmeidige Legirung des Kupfers mit Kalium wird dadurch hergestellt, indem man ein Gemenge von Kupfer und von doppeltweinsteinsaurem Kali, oder auch von Kupfer, Kohle und kohlensaurem Kali in einem Tiegel zusammenschmelzt.

Dieses Kupfer ist ein vortreffliches Material zu Dampfkesseln und Leitungsröhren, indem es sich mit der größten Leichtigkeit bearbeiten läßt.

Kupfer und Zink.

Gelbkupfer (Messing und Tombak). — Die Legirungen des Kupfers mit Zink bezeichnet man im Allgemeinen mit dem Namen Gelbkupfer. Diejenigen darunter, welche mehr Zink enthalten und daher weniger von den Eigenschaften des reinen Kupfers besitzen, nennt man Messing; die mit einem kleinern Antheile Zink, welche sich minder auffallend vom Kupfer unterscheiden, heißen Tombak (rothes Messing, Rothguß).

Im Ganzen genommen hat das Gelbkupfer (wie der Name anzeigt) eine gelbe Farbe; allein diese ist nur bei einem gewissen Verhältnisse der Bestandtheile (bei dem eigentlichen Messing) rein hellgelb; sie geht bei steigendem Kupfergehalte in's Röthlichgelbe, Bräunlichgelbe und Bräunlichgelbrothe, dagegen mit zunehmender Menge des Zinks in das Blaßgelbe, Graugelbe und endlich gar in das völlig Graue über (wie z. B. bei dem leichtflüssigsten Messingschlagloth). Je größer die Menge des Kupfers wird, desto dehnbarer ist das Gemisch; ein bedeutenderer Gehalt an Zink macht dasselbe immer in gewissem Grade spröde. Die Gelbkupferarten haben bei der technischen Anwendung vor dem reinen Kupfer den Vorzug der

schönen Farbe, der größern Dauerhaftigkeit an der Luft (indem sie weniger anlaufen und nicht so leicht Grünspan bilden), der größern Härte, der leichtern Schmelzbarkeit, und der weit größeren Tauglichkeit zu Gußwaaren (weil sie die Formen gut füllen und dichte Güsse liefern). Dabei besitzen sie (wenn die Menge des Zinks nicht übermäßig ist) noch Dehnbarkeit genug, um sich zu dünnem Bleche und zu feinem Drahte verarbeiten zu lassen; doch sind sie nur im kalten Zustande dehnbar, glühend dagegen sehr spröde. Auch ist zu bemerken, daß gegossenes und nicht ferner bearbeitetes Messing selbst in der Kälte spröde ist und sich brechen läßt, während Blech und Draht (welche durch die Bearbeitung eine Veränderung ihres Gefüges erlitten haben) sehr biegsam und dehnbar sind, wenn ihnen nur die von der Bearbeitung erlangte Härte durch Glühen und Wiedererkalten genommen ist.

Das Tombak wird vorzugsweise angewendet, wo große Dehnbarkeit und eine röthere Farbe Haupterfordernisse sind (wie z. B. bei kleinen und feinen Arbeiten aus Blech oder Draht, und bei Gegenständen, welche vergoldet werden sollen, denn auf der rötheren Grundfarbe des Tombaks erhält die Vergoldung mehr Schönheit). Das Messing dagegen ist (weil es mehr von dem wohlfeilen Zink enthält) niedriger im Preise und eignet sich besser zu Gußwaaren, sowie zu Gegenständen, welche Härte und Steifheit bedürfen (wie Blechgefäße, Stecknadeln ꝛc.)

Die Menge des Zinks beträgt im gewöhnlichen Messing 27½ bis 35 Proc., durchschnittlich also 30 Proc. ungefähr, steigt aber in schlechtem Gußmessing oft bedeutend höher. Das Uebrige ist Kupfer, bis auf eine kleine Menge Zinn und Blei, welche sich fast immer vorfinden, das Zinn zu $\frac{1}{6}$ bis $\frac{4}{5}$ Procent, das Blei zu $\frac{1}{5}$ bis gegen 3 Proc. Das Zinn und

Blei stammen leicht davon her, daß altes Kupfer oder Messing eingeschmolzen worden sind, an welchem sich Schnellloth befunden hat; außerdem kann Blei auch im Kupfer oder im Zink enthalten gewesen sein. Bei Gußmessing schaden jene Verunreinigungen durchaus nicht, wohl aber bei der Verarbeitung zu Draht und Blech, da sie die Dehnbarkeit des Messings vermindern. Bleihaltiges Messing soll sich vorzugsweise gut auf der Drehbank bearbeiten lassen.

Das specifische Gewicht der Gelbkupfersorten ist sehr verschieden und fällt desto größer aus, je reicher die Mischung an Kupfer und je mehr sie durch Bearbeitung verdichtet ist. So schwankt nach mehren Angaben das specifische Gewicht des eigentlichen Messings zwischen 7,82 und 8,51. Bei Messing aus verschiedenen Fabriken fand ich das specifische Gewicht von Blech 8,52 bis 8,62, von Draht 8,49 bis 8,73, von Guß ein Mal 8,71. Man kann daher annehmen, daß ein Cubikfuß Messing meistentheils zwischen 430 und 460 Pfd. wiegt.

Tombak mit 20 Proc. Zinkgehalt soll das specifische Gewicht 8,94 zeigen; bei der Wägung von Blech aus Tombak, welches $18\frac{3}{4}$ Proc. enthielt, war das specifische Gewicht 8,788; nach Baudrimont zeigt Tombak von $12\frac{1}{2}$ Proc. Zinngehalt (als Draht) das specifische Gewicht 9,00. Ein Cubikfuß Tombak wird etwa 470 Pfd. wiegen. Ebenso verschieden ist gewiß die absolute Festigkeit. Man findet sie für Gußmessing zu 16,000, für Draht zu 42,000 Pfd. auf den Quadratzoll angegeben. Für dünne Drähte wurden, wenn sie hart gezogen waren, 52,300 bis 100,500 Pfd., und ausgeglüht 40,900 bis 49,700 Pfd. gefunden.

Nach Daniell schmilzt Messing, welches gleich viel Zink und Kupfer enthält, bei 730° R., solches aber, welches aus 3 Theilen Kupfer und 1 Theil

Zink besteht, bei 737° R. Eine oder die andere dieser Angaben enthält sehr wahrscheinlich einen Irrthum; denn daß bei so sehr verschiedener Zusammensetzung die Schmelzhitze nur um 7° verschieden sein sollte, ist kaum denkbar. Bei'm Glühen unter Luftzutritt überzieht sich das Gelbkupfer mit einer dünnen, schwärzlichen Oxydhaut, welche durch Säuren wieder weggeschafft werden kann. Behandelt man es mit verdünnter Salzsäure, so wird seine Farbe höher oder röther, weil vorzugsweise Zink aufgelös't wird. Jedes Umschmelzen, ja schon bloßes Glühen des Gelbkupfers verflüchtigt etwas Zink, wodurch die Farbe gleichfalls röther wird.

Die Verbindung des Kupfers mit dem Zink erfolgt schon (oberflächlich), wenn man ersteres im glühenden Zustande den Dämpfen von Zink aussetzt; und man macht in der That von diesem Verfahren Gebrauch bei der Bereitung des sogenannten cementirten Drahtes.

Die Messingfabrication (mit welcher die Darstellung des Tombaks zusammenfällt) besteht in dem Zusammenschmelzen des Kupfers mit Zink. Letzteres wurde bei diesem Processe ehemals im oxydirten Zustande (Galmei, Ofenbruch, geröstete Blende), wird aber jetzt meistentheils als reguliniſches angewendet. Möglichst reines Kupfer ist jederzeit eine Bedingung zur Erzeugung eines recht dehnbaren Messings; doch schaden nur die im Kupfer befindlichen fremden Metalle, nicht das Kupferoxydul, weil dieses bei'm Messingmachen reducirt wird. Daher ist die Hammergare des Kupfers hier nicht unumgänglich nöthig.

Wir wollen hier einige Zusammensetzungen verschiedener Messingarten mittheilen, sowie sie auf analytischem Wege ermittelt worden sind:

1) Messing zum Drehen (nach Hrn. Dumas).

Kupfer	61,6	65,8	64,8	64,6
Zink	35,8	31,8	32,8	33,7
Blei	2,9	2,2	2,0	1,5
Zinn	0,2	0,2	0,4	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

2) Messing zum Drahtziehen (nach Hrn. Berthier).

Kupfer . . .	65,49
Zink	33,70
Blei und Zinn .	0,81
	100,00

3) Schlagmessing (nach Hrn. Dumas).

Kupfer	70,1
Zink	29,9
	100,0

4) Gußmessing (nach Hrn. d'Arcet).

Kupfer	91,22	91,30	91,68
Zink	5,57	6,09	4,93
Zinn	1,78	1,00	2,32
Blei	1,43	1,61	1,07
	100,00	100,00	100,00

Kupfer und Zinn.

Bronze (Erz, Metall). — Was diesen Namen in der hierher gehörigen Bedeutung führt, ist eine Verbindung von Kupfer mit Zinn, welcher aber öfters auch Zink (oder Messing) zugesetzt wird, und die als zufällige Verunreinigung (auch als absichtlicher Zusatz) wohl eine kleine Menge Blei enthält. Das Kupfer wird durch den Zusatz von Zinn härter, klingender, sehr politurfähig und schmelzbarer, zugleich aber auch mehr oder weniger spröde. Die Farbe ist weiß oder stahlgrau, und die Sprödigkeit am größten, wenn das Zinn wenigstens den dritten Theil

der Mischung ausmacht. Mit zunehmendem Kupfergehalte erhält die Legirung eine röthlichweiße, gelbgraue oder röthlichgelbe Farbe, wird etwas geschmeidig (jedoch ohne sich zu Blech und Draht verarbeiten zu lassen) und sehr fest. Die Mischung aus 19 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn ist goldgelb (Chrysochalk). Die Zusammensetzung aus Zinn und Kupfer zeigt folgendes specifisches Gewicht; wenn sie enthält auf 1 Th. Zinn: 1 Th. Kupfer, specifisches Gewicht 8,79; — 3 Th. Kupfer 8,83; — $6\frac{1}{4}$ Th. Kupfer 8,87; — $8\frac{1}{3}$ Th. Kupfer 8,80; — 10 Th. Kupfer 8,76; — $12\frac{1}{2}$ Th. Kupfer 8,76; — $16\frac{2}{3}$ Th. Kupfer 8,78. —

Durch den Einfluß der Luft und der Witterung läuft die Bronze an, überzieht sich aber erst nach langer Zeit mit einer Kruste Grünspan, deren Dichtigkeit das fernere Verrosten ganz verhindert, und durch seine schöne Farbe eine Zierde von Monumenten und andern Bildwerken abgiebt (antike Bronze).

Man bringt durch Kunst einen ähnlichen Ueberzug schneller hervor. Die Legirung von 7 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn schmilzt bei 668° R.; jene aus 3 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn bei 629° R. Wird die Bronze in Berührung mit der Luft umgeschmolzen, so oxydirt sich verhältnißmäßig mehr Zinn als Kupfer, und sie wird daher bei jedem Male ärmer an Zinn. Werden solche Mischungen, welche mehr als etwa 60 Procent Kupfer enthalten, nach dem Schmelzen langsam abgekühlt, so sind sie nach dem Festwerden keineswegs durchaus gleichartige Massen, sondern Gemenge aus einer schwerflüssigeren, kupferreicheren und einer leichtflüssigeren, zinnreicheren Legirung, welche letztere sich oft sehr deutlich auf den Bruchflächen als zahlreiche weiße Pünctchen, manchmal bis zu einer Linie im Durchmesser, in der gelben Hauptmasse zeigt, ja zuweilen bei'm Gusse,

aus der Oeffnung der Form hervorgepreßt wird, wenn die früher erstarrende schwerflüssige Legirung durch das Festwerden sich zusammenzieht. M. Meyer fand in einer solchen aus Kanonenmetall (welches etwa 10 Th. Kupfer gegen 1 Th. Zinn enthält) abgeschiedene Verbindung durchschnittlich 23,69 Zinn und 76,31 Kupfer (auf 100); nach Dussossoy enthält sie 81 Kupfer und 19 Zinn.

Es ist eine höchst merkwürdige Eigenschaft des mit Zinn legirten Kupfers, durch schnelle Abkühlung merklich weicher und dehnbarer zu werden. Man kann zu diesem Behufe die Stücke bis zum dunklen Rothglühen, oder — wenn sie flach und dünn sind — nur bis zur Schmelzhitze des Zinns oder Bleies erhitzen und dann in kaltes Wasser legen. Sie lassen sich mit dem Hammer bearbeiten und etwas dehnen, ohne zu zerspringen oder Risse zu bekommen (Anlassen, Adouciren der Bronze).

Die vorzüglichsten Metallmischungen, welche als Arten der Bronze zu erwähnen sind, bestehen in folgenden:

Spiegelmetall (zu den Spiegeln der Teleskope): 100 Kupfer, 50 Zinn, öfters mit einem kleinen Zusatz von Arsenik.

Glockenmetall, Glockengut, Glockenspeise (beste Mischung): 100 Kupfer, 25 Zinn. Ein Cubikfuß davon wiegt ungefähr 470 Pfund.

Metall der Uhrglocken: 100 Kupfer, 33 Zinn.

Kanonenmetall (Kanonengut, Stückgut): 100 Kupfer, 10 bis 11 Zinn. Gewicht eines Cubikfußes 466 Pfund.

Bronze zu Medaillen: 100 Kupfer, 8 bis 12 Zinn, wobei ein wenig Zink und Blei nicht nachtheilig ist.

Bronze zu den Rakeln oder Farbemessern der Kattun- und Walzendruckmaschinen: 100 Kupfer, 10 Zinn, 13 Zink.

Bronze zu Radbüchsen für gewöhnliche Kutschen: 88 Kupfer, 12 Zinn.

Bronze zu Büchsen für Schiffs-Dampfmaschinen: 84–86 Kupfer, 14–16 Zinn.

Bronze für Locomotivbüchsen: 80 Kupfer, 20 Zinn.

Bronze zu Bildsäulen, Büsten ꝛc.: 100 Kupfer, 30 Zinn; oder: 100 Kupfer, 2 Zinn. 6 Zink, 1½ Blei; oder: 100 Kupfer, 12 Zinn, 25 Zink; oder: 100 Kupfer, 5 Zinn, 12 Zink, 4 Blei. Die Mischungen sind hier sehr verschieden, und gewiß im bedeutenden Grade vom Zufall oder von der Willkür abhängig.

Kupfer, Nickel und Zink.

Argentan (Packfong, Weißkupfer, Neusilber, Maillechort). Mit diesen verschiedenen Namen bezeichnet man eine, erst in der neuern Zeit in Gebrauch gekommene, Legirung aus Kupfer, Zink und Nickel, welche als Messing mit einem Zusatze von Nickel zu betrachten ist. Das Argentan hat eine dem Silberweißen ziemlich ähnliche (doch etwas dunklere, meist ein Wenig in's Gelbbräunliche ziehende) Farbe, daher sein Name; einen dichtkörnigen Bruch, ein specifisches Gewicht = 8,4 bis 8,7; es ist härter, aber beinahe ebenso dehnbar, als Messing (in der Glühhitze jedoch, wie dieses, spröde) und nimmt eine schöne Politur an, welche es gut gegen den Einfluß der Luft behauptet. Von sauren Flüssigkeiten wird es stärker als zwölflöthiges Silber, aber viel weniger als Messing angegriffen, indem sich Kupfer auflös't; daher kann es nicht ohne Bedenken zu Geschirren, in welchen Speisen aufbewahrt werden, Anwendung finden. Es schmilzt in anfangender Weißglühhitze und brennt dabei, vermöge seines Zinkgehaltes, mit weißer Flamme. An absoluter Festigkeit steht das

Argentan dem Messing vor; für einen Quadratzoll berechnet, ist die zerreißende Kraft bei hartgezogenem Drahte = 91,200 bis 104,000, bei ausgeglühtem = 64,600 bis 66,200 Pfd. gefunden.

Das Nickel, einer der wesentlichen Bestandtheile des Argentans, ist ein eigenthümliches Metall, welches wenig andere Anwendungen in den Gewerben findet. Es hat im reinen Zustande eine zwischen Silberweiß und Stahlgrau liegende Farbe, einen hakigen Bruch, einen starken Glanz, eine bedeutende Härte, ein specifisches Gewicht von 8,4 (im gegossenen Zustande) bis 8,9 (geschmiedet), ist schweißbar, schmilzt erst in der heftigsten Weißglühhitze; wird vom Magnete angezogen, und nimmt selbst, gleich dem Eisen, Magnetismus an.

Das Mengenverhältniß der Bestandtheile im Argentan ist nicht immer gleich. Die am meisten silberähnliche Farbe besitzt eine Mischung von 55 Th. Kupfer, 18 Th. Nickel und 30 Th. Zink (103 Th.) Dem Anlaufen sehr wenig unterworfen ist eine Mischung aus 25 Th. Nickel, 50 Th. Kupfer, 25 Th. Zink; um zu Blech ausgewalzt zu werden, eignet sich am besten eine Zusammensetzung von 20 Nickel, 60 Kupfer, 20 Zink (letztere beide so rein, als möglich); zu Gußwaaren wird empfohlen: 18 Nickel, 54 Kupfer, 25 Zink, 3 Blei; durch einen kleinen (2 oder $2\frac{1}{2}$ Proc. betragenden) Zusatz von Eisen oder Stahl wird das Argentan bedeutend weißer, aber auch härter und spröder. Das Eisen schmelzt man vorläufig mit einem Theile des Kupfers zusammen, dieses Gemisch aber dann mit dem Nickel, dem Zink und dem Reste des Kupfers.

Zweiter Abschnitt.

Die hauptsächlichsten Bauarbeiten.

Erstes Capitel.

Von der Mauerung.

Mauerung heißt das Verfahren, Bauten aus Stein und Mörtel aufzuführen.

Das Mauerwerk wird nach dem Material unterschieden als Steinmauer, Backsteinmauer oder gemischte Mauer, oder nach der Art, wie das Material zubereitet wird: in Mauern aus Hausteinen, gerichteten Steinen oder aus Bruchsteinen, oder endlich nach der Form des Materials, in regelmäßiges oder unregelmäßiges Mauerwerk.

Behauene Steine. Ein Mauerwerk aus behauenen Steinen ist bei sorgfältiger Anfertigung dauerhafter und tragfähiger, als jedes andere. Da aber die Bearbeitung der Steine sehr kostspielig ist,

so ist diese Art Mauerwerk nur da angewendet, wo durch die Regelmäßigkeit der Massen ein architectonischer Effect hervorgebracht werden soll, oder wo große Festigkeit unumgänglich ist.

Ehe wir die Mittel betrachten, durch welche die größte Festigkeit eines Mauerwerkes aus Hausteinen erlangt werden kann, müssen noch einige der gebräuchlichen Benennungen erklärt werden. An einer Mauer unterscheidet man die Vorderseite und die Rückseite. Hat eine von diesen eine Neigung gegen die verticale Richtung, so nennt man diese den Anzug, die Böschung dieser Fläche.

Schicht heißt jede horizontale Lage Steine in der Mauer; sind die Steine jeder Schicht gleich hoch, so heißt die Mauer regelmäßig geschichtet. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen heißen die Fugen, mit welchem Namen man auch die Seitenflächen der Steine bezeichnet.

Lagerfugen sind die, in welchen die Steine aufeinander zu liegen kommen, Stoßfugen die andern. Das Haupt eines Steines heißt die Fläche, welche in die Außenfläche der Mauer zu liegen kommt.

Die Anordnung der Steine jeder Schicht nennt man den Verband; die Steine, deren Haupt länger ist, als der Stein in die Mauer eingreift, heißen Läufer; ein Stein, welcher tiefer in die Mauer eingreift, als der Stein lang ist, ein Binder. Ein Stein, welcher von der Vorderseite der Mauer bis zur Rückseite geht, heißt ein Durchbinder oder ein zweihäuptiger Stein.

Die Festigkeit einer Mauer aus gehauenen Steinen hängt von der Größe der Steine in jeder Schicht, von der Genauigkeit des Behauens und von dem gebrauchten Verbande ab.

Die Größe der Steine ändert sich nach der Art der Steine und der Art des Steinbruchs. Von manchen Steinbrüchen kann man Steine von jeglichen Dimensionen erhalten; andere liefern nur kleine Steine. Wieder ist die Festigkeit mancher Steine so groß, daß sie in Blöcken von jeder Größe ohne Gefahr des Zerdrücktwerdens gebraucht werden können; andere können mit Sicherheit nur gebraucht werden, wenn Länge, Breite und Dicke in bestimmten Verhältnissen stehen. Darüber kann keine feste Regel aufgestellt werden; die, welche von den Baumeistern gewöhnlich befolgt wird, ist: für gewöhnliche Steine die Breite wenigstens gleich der Dicke, und selten größer, als zweimal diese Dimension zu nehmen, die Länge aber nicht über dreimal die Dicke wachsen zu lassen. Ist die Breite oder Länge sehr bedeutend gegen die Dicke, so ist Gefahr vorhanden, daß der Stein bei unrichtiger Auflagerung oder bei ungleichmäßig vertheiltem Drucke zerbricht. Die Dicke nimmt man selten unter $\frac{1}{3}$ Meter und über $\frac{2}{3}$ Meter; Steine von dieser Dicke wiegen bei den oben angegebenen Verhältnissen 1 : 2 : 3 zwischen 400 und 3200 Kilogr. Mit diesen Dimensionen verlangt also jeder Stein eine beträchtliche Kraft, um ihn richtig zu versetzen.

Für die oberste Schicht einer Mauer können die gleichen Einwendungen gegen eine zu große Länge der Steine nicht gemacht werden; hier sind im Gegentheile sehr lange Steine vortheilhaft. Die Zahl der Stoßfugen ist dann kleiner und die Mauer unter dieser Bedeckung ist geschützter. Diese ist allein an diesen Fugen exponirt, welche man nicht wasserdicht machen kann, da der Mörtel bei warmem Wetter durch die Ausdehnung der Steine zerrieben, und nachdem die Steine sich wieder zusammengezogen haben, durch den Regen ausgewaschen wird.

Der Schluß, mit welchem die Steine zusammenpassen, hängt allein von der Genauigkeit ab, mit welcher die Flächen gearbeitet sind; ist dies schlecht geschehen, so zeigen sich nicht nur offene Fugen von ungleichem Setzen, sondern die Steine sind auch dem Zerbrechen durch Druck, der durch die nicht zusammenpassenden Lagerfugen sich ungleich vertheilt, unterworfen.

Die Lagerfugen sollen, als erste Bedingung, rechtwinkelig auf die Richtung des Drucks sein; bei dieser Anordnung haben die Steine keine Veranlassung, übereinander zu gleiten. In einer verticalen Mauer, z. B. hat der Druck die Richtung vertical abwärts; die Lagerfugen werden also horizontal gestellt werden müssen. Die Stoßfugen werden rechtwinkelig auf die Lager und auf die Häuser gestellt; auf diese Weise erhalten die Steine an den Lagern rechte Winkel und damit die größte Festigkeit. Die hier aufgestellten Sätze finden überall ihre Anwendung, was auch die Richtung des Drucks und die Form der Außenflächen sei.

Eine Abweichung von diesen Sätzen ist übrigens in manchen Fällen nothwendig, um die Festigkeit zu erhöhen. Eine Regel, welche aus den Erfahrungen der Baumeister gezogen ist, setzt fest, daß ein Mauerwerk mit Winkeln, die kleiner, als 60 Grad sind, weder hinreichende Festigkeit, noch Dauer gegen die Einflüsse der Witterung bietet. Ist deßhalb die Dossirung einer Mauer größer, als 60 Grad, wobei sich die Höhe zur Basis geringer als 7 : 4 verhält, so müssen die Lagerfugen nicht horizontal ausgearbeitet, sondern etwa 0,1 Meter von dem Haupte an rechtwinkelig gegen die Außenfläche gestellt werden.

Fig. 21 stellt die Anordnung der Steine mit gebrochenen Lagerfugen für sehr geneigte Flächen dar. A Hauptstein, Dossirungsquader. Da der den

Mauern zu gebende Anzug selten so groß wird, beinahe nur bei Stützmauern, welche Erdanhäufungen zu halten haben, so kommen diese Fugen nur selten vor; überdieß ist es bei Mauern mit stark geneigter Fläche im Allgemeinen ökonomischer, die Außenfläche staffelförmig zu gestalten, indem man die obere Schicht gegen die untere so weit zurücksetzt, daß die Neigung der Mauer erreicht wird. Diese Anordnung hat noch den Vortheil, das Regenwasser von der Fuge abzuleiten, wenn die Stufen etwa abgeschrägt werden.

Die Steinhauer, welche nicht sorgfältig überwacht werden, verwenden häufig nicht die gehörige Sorgfalt auf die Lagerfugen, sondern bearbeiten diese, geschlossene Fugen zu erhalten, nur auf wenige Zolle vom Haupte weg sorgfältig, und hauen dann den Stein gegen den Rücken, den Schweif hin, keilförmig zu, so daß er nach dem Versetzen mit den anliegenden Steinen nur in einer schmalen Fläche in Berührung steht. Dieser Gebrauch ist in jeder Hinsicht verwerflich; denn in erster Linie giebt er eine tragende Fläche, deren Ausdehnung für den Druck gewöhnlich viel zu klein ist, wodurch ein Abspringen der Kanten veranlaßt wird; dann ist dabei der Stein, um ihm die richtige Lage zu geben, mit kleinen Steinschiefern oder hölzernen Keilen unterstützt, welche den Druck auf wenige Puncte vereinigen, und so das Brechen des Steins verursachen.

Fig. 22 zeigt den Durchschnitt einer Mauer, die nach Außen mit gehauenen Steinen bekleidet ist, die nach Innen keilförmig sind; die Rückseite der Mauer ist von Bruchsteinen. **A** Quader, **B** Bruchsteinmauer; ist die Fronte der Mauer von Quadern und die Rückseite von Bruchsteinen, so kann die Keilform den Quadern erlaubt werden, um eine bessere Bindung zwischen den Quadern und den Bruchsteinen zu erlangen; allein, dann sollten die Lager der Quader

wenigstens auf 0,3 Meter vom Haupte weg richtig gehauen sein. Ist dann ein Grund vorhanden, daß die Rückseite hinausgeschoben werde, so ist es besser, statt alle Quader nach Hinten dünner zu machen, einige gegen die Rückseite dicker zu lassen, als den behauenen Theil.

Für den Verband der Quader hat man mehre Methoden befolgt. Läufer und Binder lassen die Stoßfugen einer Schicht mit denen der obern und untern Schicht abwechseln (sichüberdeckende Fugen), und geben den einfachsten, in vielen Fällen hinreichend soliden Verband. Hier zeigt, Fig. 23 **A**, die vordere Ansicht, **B** den Querschnitt und **C** den Grundriß einer aus Läufern und Bindern zusammengesetzten Mauer; **a** der Läufer, **b** der Binder. Es werden die Steine jeder Schicht abwechselnd mit ihren größten und ihren kleinsten Flächen in die Außenfläche der Mauer genommen. Die Stoßfugen einer Schicht liegen hierbei entweder gerade über der Mitte der Steine der vorhergehenden Schicht, oder wenigstens 0,1 Meter von den Enden dieser entfernt. Ist die Hintermauerung von Bruchsteinen, die Vorderseite aber von Quadern, so werden die Binder in gleicher Weise angebracht.

Bei der hier beschriebenen Anordnung sind die Vorder- und Rückseite jeder Schicht gut verbunden, und wenn ein ungleiches Setzen vorkommt, so können sich die Stoßfugen nicht öffnen, wie dies der Fall wäre, wenn sie von oben bis unten durch die Mauer durchgingen.

Bei Massen von Quadersteinen, welche heftigen Stößen ausgesetzt sind, wie die, auf welchen Leuchtthürme und Seedämme in sehr exponirten Lagen aufgeführt werden, müssen die einzelnen Steine eine Schicht nicht unter sich, sondern auch die Schichten

mit einander verbunden werden. Man hat hierzu mehre Mittel benutzt.

Fig. 24 zeigt einen Aufriß **A** und Grundriß **B** einer Mauer, in welcher die Steine verzahnt und durch Klammern und Bolzen von Eisen verbunden sind. **C** und **D** sind perspectivische Ansichten zweier Steine. Die Lager einer Schicht erhalten zuweilen Hervorragungen, welche in entsprechende Vertiefungen der nächsten Schicht passen. Eiserne Klammern, in der Form des Buchstaben **S** oder einer andern passenden Form, stnd in zwei Steine derselben über die Stoßfugen eingelassen, mit geschmolzenem Blei befestigt. Löcher werden zuweilen durch mehre Schichten abwärts gebohrt und die Steine dieser Schichten durch eiserne Bolzen, welche durch die Löcher gehen und Keile oder Schrauben zusammengehalten.

Die bekanntesten Beispiele dieser Art, den Verband der Quader fester zu machen, sind in den Werken der Römer uns erhalten worden und finden sich an zwei berühmten Werken der neuern Zeit, dem Eddystone- und dem Bellrock-Leuchtthurme in Großbritannien.

Fig. 25 zeigt die Anordnung der Steine einer horizontalen Schicht aus dem Fundamente des Bellrock-Leuchtthurmes. Die Steine sind durch schwalbenschwanzförmige Stoßfugen, durch Federn von Stein und durch Nägel von Eichenholz verbunden; die letztern befestigen die obere Schicht an die untere.

Die Kunst, die Steine zu bearbeiten, ist die des Steinhauers; aber der Ingenieur muß auf die Genauigkeit, mit der das Behauen ausgeführt ist und auf die hierzu gebrauchten Mittel achten. Die Werkzeuge des Steinhauers sind: Meißel, Spitzeisen und Schlageisen genannt, dazu ein Klöpfel, dann der Zweispitz, der Kronhammer und die sogenannte Fläche, eiserne Lineale und Winkel. Zuerst

werden die Kanten ringsum ausgehauen, dann die Diagonalen, was mit dem Schlageisen und dem Klöpfel geschieht, worauf man mit dem Spitzeisen und der Zweispitze die zwischenliegende Flächen in die Ebene mit jenen Kanten bringt. Der Kronhammer und die Fläche dienen zur Wegschaffung der kleinen Spitzen, welche übrig bleiben.

Fig. 26 zeigt A eine perspectivische Ansicht eines Quaders mit den Schlägen ringsum, dessen Flächen gespitzt oder gekrönt sind, nebst der Vorrichtung zum Aufziehen. B ist die gewöhnliche Steinzange. a Schläge rings um den Stein. b gekrönte Flächen. e eiserne Bolzen, welche in schiefe Höhlungen des Steins gelegt sind; d und c Kette und Seil zum Aufziehen. n, n Seitentheile des Mittelstücks des eisernen Ringes zur Befestigung des Seils.

In große Steine, welche nur mit Hülfe von Maschinerie versetzt werden können, haut man eine Höhlung von der Form eines umgekehrten Keils ein, die ein kleines eisernes Instrument, die Steinzange, aufnimmt, welches an einem Seile zum Aufziehen des Steins befestigt ist. Soll ein Quader versetzt werden, so hat man zuerst das Behauen zu prüfen, was dadurch geschehen kann, daß man ihn auf sein Lager bringt und sieht, ob die Fugen zusammenpassen, und ob sein Haupt in die Fläche der Mauer zu liegen kommt. Faßt der Stein nicht ganz, so werden seine Fehler bezeichnet und verbessert. Dann wird das Lager, auf welches der Quader kommen soll, vollständig von Staub u. dergl. gereinigt, gut angenäßt, eine Lage dünner Mörtel darauf gebracht und darauf der Quader gelegt, nachdem zuerst die Lagerfuge desselben selbst auch gut genäßt wurde. Der Quader wird dann durch Stöße mit einem hölzernen Schlägel oder einer Katze niedergeschlagen. Reiht sich der Quader an einen andern derselben

Schicht, so wird auch die Stoßfuge mit Mörtel bekleidet, wie dies bei'm Lager geschah.

Bruchsteinmauerung. — Mit gutem Mörtel entspricht diese bei sorgfältiger Ausführung an Tragfähigkeit und Dauer allen Anforderungen, welche an gewöhnliche Bauten gemacht werden, und ist dabei viel weniger kostspielig, als Quadermauer.

Den Steinen werden hierzu vorerst alle scharfen und deßhalb schwachen Winkel mit dem Hammer abgeschlagen, worauf der Stein von Staub gereinigt und genäßt wird, ehe man ihn an seine Stelle bringt. Das Lager wird bereitet, indem man über die untere Schicht eine reichliche Menge von gutem Mörtel ausbreitet, in welchen der Stein fest eingelagert wird. Die Zwischenräume zwischen den größern Steinen werden mit kleinen Bruchstücken von Steinen ausgefüllt, welche man in den Mörtel eindrückt. Zuletzt wird die ganze Schicht gut mit Mörtel übergossen, ehe man eine neue anfängt, so daß alle Räume zwischen dem Stein und Mörtel vollends ausgefüllt werden.

Um der Mauer mehr Festigkeit zu geben, sucht man auch bei Bruchsteinen mehr oder weniger die Regeln zu befolgen, welche man für die Quadermauerung aufgestellt hat, wozu man die Steine mehr oder weniger rechtwinkelig zurichtet, so weit dies mit dem Hammer allein geht. Dabei befolgt man noch die Regel, daß man die Steine auf die Flächen legt, auf welchen sie in den Steinbrüchen schon lagerten; sie gewähren in dieser Lage mehr Festigkeit; der Stein liegt dann auf seinem Lager. Die Kanten der Mauern macht man gut aus Hausteinen.

Steine, welche sich dazu eignen, richtet man mit dem Hammer so, daß sie rauhen Quadern gleichen, wobei man namentlich in eine Schicht nur Steine von gleicher Höhe nimmt. Das Mauern mit diesen

gerichteten Steinen geschieht auf dieselbe Weise, wie bei den beiden betrachteten.

Backsteinmauerung giebt bei guten Backsteinen und Mörtel große Festigkeit und Dauer, was der großen Adhäsion zwischen Backsteinen und Mörtel zuzuschreiben ist.

Der bei Backsteinen gebrauchte Verband ist von mancherlei Art, je nach dem Charakter des Baues. Die gewöhnlichsten Arten sind folgende beide: Bei der ersten ordnet man die Backsteine in einer Schicht alle als Läufer, in der darauf folgende alle als Binder an, wobei man aber Acht hat, daß sich die Stoßfugen kreuzen; bei der zweiten wechselt man in jeder einzelnen Schicht mit Läufern und Bindern ab. Die erste Art giebt einen bessern Verband, als die letzte, bei welcher fortlaufende Fugen weniger zu vermeiden sind; aber die zweite Art giebt eine schönere Außenseite, weßhalb sie hier vorzugsweise verwendet wird.

Holz und Eisen hat man zur Verstärkung des Verbandes bei Backsteinmauern verwendet. Unter den bemerkenswerthesten Beispielen hiervon sind das Treppenhaus von Brund, das den Eingang zum Themse-Tunnel bildet und ein Versuchsbogen von demselben, welchen er in dem **Civil Engineer and Archit. Journal Nro. 6, vol. 1**, beschreibt. Bei beiden Bauten gebrauchte Brunel Dachlatten und Reifeisen im Innern der horizontalen Schichten, um zwei aneinanderstoßende Schichten zu verbinden. Die Wirksamkeit dieser Art des Verbandes hat außerdem Brunel durch Versuche erprobt, welche er über die relative Festigkeit eines aus Backsteinen gemauerten und mit Reifeisen gebundenen Balkens anstellte.

Der Mörtel zu Backsteinen kann von gewöhnlicher Dicke oder dünner sein; das letzte ist das beste, da es geschlossenere Fugen giebt und der dünnere Mörtel

nicht so schnell trocknet, als der dickere. Da die Backsteine viel Wasser auffaugen, so ist es gut, diese nicht nur vor dem Gebrauche zu nässen, sondern sie mehre Stunden in Wasser zu legen. Hierdurch wird der Mörtel zwischen den Fugen sehr fest werden, wogegen der trockene Stein schnell das Wasser des Mörtels auffaugt und nur ein trockenes Pulver in den Fugen läßt, das keine Bindung giebt.

Gründungen.

Der Name Gründung bezeichnet das Verfahren, durch das die untersten Schichten eines Bauwerkes hergestellt und auf eine Unterlage gestellt werden, und häufig auch diese Unterlage selbst. Die untersten Schichten eines Mauerwerks nennt man auch das Fundament des Bauwerks.

Die Dauer und Festigkeit eines Mauerwerks hängen wesentlich von der Art der Gründung ab. Bei der Anordnung derselben muß man nicht nur die dauernden Pressungen im Auge haben, welchen sie widerstehen muß, sondern ebenso die zufälligen Angriffe, denen sie ausgesetzt sein kann. Sie sollte unter allen Umständen so weit unter die Oberfläche des Bodens, auf dem sie ruht, angebracht sein, daß sie niemals unbedeckt ist; die Oberfläche der Gründung sollte immer rechtwinkelig auf die Richtung des Druckes sein, den sie zu tragen hat, und der mittlere Druck sollte so weit in die Grundfläche der Gründung fallen, daß diese gegen das Umkanten vollkommen sicher ist.

Der erste Schritt zur Bestimmung der Art der vorzunehmenden Fundamentirung ist die Untersuchung des Untergrundes, auf welchen das Bauwerk errichtet werden soll. Dieß kann in gewöhnlichen Fällen durch Ausgraben einer Grube geschehen; wo aber

der Untergrund aus verschiedenen Schichten besteht, und wo das Bauwerk besondere Vorsicht erfordert, muß man den Boden durch Schlagen von Bohrlöchern mit den hierzu üblichen Werkzeugen untersuchen.

Bezüglich auf vorzunehmende Gründungen wird der Boden gewöhnlich in drei Classen gebracht: die erste umfaßt den nicht zusammendrückbaren Grund, oder den, welcher wenigstens nur soviel zusammendrückbar ist, daß dadurch die Stabilität auch der schwersten auf ihn gestellten Massen nicht leidet, wobei der Grund zugleich nicht seitwärts gleitet. Feste Felsen, einige Tuffe, compacter Steinboden, harter Thon, der nur dem Pickel weicht, gehören hierher.

Die zweite Classe enthält den Boden, der zwar unzusammendrückbar ist, aber sich seitwärts auszubreiten sucht und deßhalb eingegränzt werden muß; Kies und reiner Sand gehören hierher.

Die dritte Classe endlich besteht aus allen Arten zusammendrückbarem Boden, wohin der gewöhnliche Thon, die gewöhnlichen Erden und Sumpfboden gehören. Einige der hierher gehörigen Bodenarten sind mehr oder weniger dicht und sind nur bis zu einem bestimmten Grade compressibel, wie die meisten Arten Thon und Erde; andere sind beinahe flüssig und geben leicht nach jeder Richtung hin nach.

Um auf einen Felsen zu gründen, untersucht man zuerst die Dicke der Schichten des Felsens, wenn einige Zweifel vorhanden sind, daß der Fels zu schwach wäre; sind die Schichten dünn, so ist es gut, durch ein Probegewicht, welches wenigstens zweimal so groß, als die zukünftige bleibende Belastung des Felsens sein muß, sich von dessen hinreichender Tragfähigkeit zu überzeugen. Darnach wird der Fels zur Aufnahme des Fundamentes vorbereitet,

indem man seine Oberfläche ausebnet, dadurch, daß man alle hervorragenden Spitzen wegsprengt und die Höhlungen mit Bruchstein oder mit Beton ausfüllt; dabei entfernt man sorgfältig die Schichten, welche Spuren von Verwitterung zeigen. Die so hergestellte Fläche soll noch überdieß senkrecht auf die Richtung des später zu tragenden Druckes sein, also, z. B., horizontal, wenn der Druck vertical ist. Ist die Oberfläche sehr schief gegen die Richtung des Druckes, so bringt man die Oberfläche des Felsens in Staffeln, deren Flächen senkrecht auf die Richtung des Druckes und damit parallel stehen. Sind Spalten und Höhlungen vorhanden, welche man, ihrer Ausdehnung wegen, nicht mit Beton oder Mauerwerk ausfüllen kann, so baut man einen Bogen über diese Spalte, welcher die über ihm liegende Last zu tragen hat.

Die schieferigen Felsen erfordern viele Sorgfalt bei ihrer Verrichtung zu einer Gründung, indem die obern Schichten des Felsens meist bis zu mehr oder weniger Tiefe vom Froste gelitten haben.

Bei steinigem Boden und hartem Thone wird die Gründung damit begonnen, daß man eine Grube ausgräbt, die weit genug ist, das Fundament aufzunehmen, und tief genug, um den dichten Boden, bis zu dem der Frost nicht eingedrungen ist, zu erreichen; 4 bis 6 Fuß ist in der Regel tief genug.

Bei dichtliegendem Kies oder Sande, wo ein Nachgeben zur Seite nicht zu vermuthen ist, kann wie im vorhergehenden Falle gegründet werden. Wo aber der Boden schwimmend ist, da muß der Boden, auf welchem der Bau angefangen werden soll, an dem seitlichen Ausweichen durch eine Begrenzung mit eingetriebenen Bohlen oder auf andere Weise verhindert werden.

Bei'm Gründen auf festem Sande wird zuweilen ein Holzgerüst auf den Boden gelegt, um den Druck über den Boden gleich zu vertheilen. Das scheint aber unnöthig zu sein; denn, wenn die Bodenschicht des Mauerwerks wohlversenkt in ihr Lager ist, so ist ein ungleiches Senken von einem darauf kommenden Gewichte nicht wohl anzunehmen, während dies der Fall wäre, wenn auf irgend eine Weise ein Stück Holz der Unterlage wegkäme. Hat das Sandbett Sprünge, so muß man diese ausfüllen und einen Rost oder, besser noch, eine Lage von Beton als Unterlage für das Fundament verwenden, und diese Unterlage nach allen Seiten durch Mauern oder Betonschichten schützen.

Wenn bei'm Eröffnen einer Baugrube Wasser in solcher Menge eindringen, daß die Werkleute nicht arbeiten können, und die Grube kann mit Hülfe von Pumpen oder Wasserschaufeln nicht trocken erhalten werden, so muß man auf jeder Seite eine Reihe von Bohlenpfählen eintreiben, bis etwas unter die Tiefe, in welcher gegründet werden soll, worauf man den Sand auf der Außenseite herausschafft und seinen Platz mit Letten ausstampft, um so einen wasserdichten Verschluß rings um die Baugrube zu erhalten. Dann wird das Ausgraben an dieser begonnen; sieht man, daß das Wasser am Boden stehen bleibt, so gräbt man nur einen kleinen Theil aus, legt dort die untersten Schichten und fährt dann mit dem weiteren Ausgraben so schnell, als die Arbeiter das Fundament ohne zu großen Wasserzudrang legen können, fort.

Das Gründen auf zusammendrückbarem Boden erfordert besondere Sorgfalt, besonders, wenn der Boden nicht gleichförmig ist und an einer Stelle mehr Widerstand zeigt, als an der andern; in diesem

Falle ist es sehr schwierig, ein ungleiches Setzen zu vermeiden.

Bei gewöhnlichem Thon oder Erde wird ein Graben von geeigneter Breite ausgeworfen, welcher in der Tiefe die vom Froste unberührten Schichten erreicht; die Sohle des Grabens wird dann zur Aufnahme des Fundamentes geebnet. Dieses wird nun entweder unmittelbar auf die Erde oder auf einen Rost gelegt. Im ersten Falle müssen die Steine durch Einschlagen mit einer schweren Handramme tüchtig gesetzt werden. Im zweiten Falle wird ein Rost von Holz gelegt, welcher aus Langschwellen, die durch mit jenen verkämmte Querschwellen verbunden sind, besteht. Die Zwischenräume, welche die Schwellen lassen, werden fest mit Erde ausgestampft und dann auf den Rost ein Boden aus dicken Bohlen gelegt, welcher das Fundament trägt. Der Zweck des Rostes ist die gleichmäßigere Vertheilung des Druckes über die ganze Bodenfläche der Grube und das Verhindern des Abgleitens irgend eines Theils.

Fig. 27 stellt einen Rost auf Pfählen dar. **A** Mauerwerk. **a, a** Pfähle, **b** Langschwellen, **c** Querschwellen, **d** Kopfstück, der Helm, **e** Boden von Bohlen.

Wiederholtes Fehlschlagen der Gründungen auf Röste, entweder durch Zerdrücken der Holzfaser, oder durch seitlichen Schub, der durch ungleichen Widerstand des Untergrundes veranlaßt wurde, hat das Vertrauen auf diese erschüttert; und jetzt ziehen es die Ingenieure vor, auf eine Betonschicht zu gründen, welches verläßlicher ist, als das Gründen auf einen hölzernen Rost, beides in gleichmäßig, wie in ungleichmäßig nachgebendem Boden.

Die Herstellung eines Betongrundes hängt von den besondern Umständen des Einzelfalles ab. Gewöhnlich kann der Beton in eine Grube gegossen

und sorgfältig in Schichten von 15 bis 24 Centim. Dicke eingestampft werden, bis sich halbflüssiger Mörtel über der Schicht zeigt. Soll die Grundfläche breiter sein, als die obere Fläche, so werden die Seiten zweckmäßig angewandt. Wird eine Schicht an einem Ende unvollendet gelassen und es wird eine zweite auf diese gebracht, so bildet man am unvollendeten Ende eine Staffel, um bei der Fortsetzung dieser Schichten einen bessern Verband zu erhalten.

Viel Beton wird erspart, wenn man große Blöcke in die Schichten so vertheilt, daß man das Einstampfen des Beton rings um diese Blöcke mit der Handramme ohne Schwierigkeit und vollständig bewerkstelligen kann.

Kommen Quellen aus dem Boden, über welchen der Beton verbreitet werden soll, so muß das Wasser in künstlichen Canälen von der Betonschicht weggeleitet werden, wodurch das Wasser abgehalten wird, durch diese aufzusteigen und den Kalk auszuwaschen, oder man bringt auf die Bodenfläche ein festes, wasserdichtes Tuch, auf welches dann der Beton kommt.

Die Canäle zur Ableitung des Wassers werden entweder halbkreisförmig in Steine gehauen oder aus halbkreisförmigen Röhren von Eisen oder aus Hohlziegeln gebildet. Eine hinreichende Zahl dieser Canäle führt das Wasser ab, wie es die Quelle liefert.

Ein wasserdichter Zeug kann aus starkem Segeltuch durch Behandlung mit Asphalt und einem trocknenden Oele bereitet werden. Es ist gut, wenn man den Zeug auf jeder Seite mit gewöhnlichem Segeltuche bekleidet, um jedem Zufalle zu begegnen. Die Art, wie dieser Zeug auf den Boden gebracht wird, hängt von den besondern Umständen ab.

Jedes der beiden Mittel, die angegeben wurden, um die Einwirkung der Grundwasser auf ein Betonlager abzuwenden, ist mit Erfolg erprobt worden. Werden künstliche Canäle gebraucht, so kann man diese später vollständig durch Einbringen von halbflüssigem Cemente verstopfen.

Die Betonirung wird häufig ohne vorhergehendes Auspumpen des Wassers aus der Baugrube vorgenommen. Hierzu wird entweder der Beton durch einen hölzernen Canal, der bis nahe an den Grund reicht, auf welchen der Beton gelagert werden soll, oder er wird in Kisten eingesenkt, welche etwas über ihrem Schwerpunct aufgehängt sind und leicht durch ein besonderes Seil, wenn die Kisten an Ort und Stelle sind, umgekehrt und dadurch ausgeleert werden können. Damit dieses regelmäßig geschehe, sind Löcher im Boden der Kiste angebracht, durch welche nach dem Umkehren das Wasser eintreten kann.

Der Beton muß regelmäßig in fortlaufenden Schichten gelegt werden, und eine Stelle nicht eher verlassen werden, bis die Schicht die gehörige Dicke erlangt hat. Einiger Kalk spült sich immer aus, welcher bald als kohlensaurer Kalk niedersinkt und einen dünnen, pulverigen Niederschlag bildet, welcher das Binden des schon erhärteten Betons mit neuaufgegossenem hindert. Deßhalb muß man, wie oben angegeben, verfahren und auch zuweilen diese Hefe durch Baggern entfernen.

Auf sumpfigem Boden ist die Herstellung eines festen Grundbettes, das dem Baue hinreichende Stabilität gewährt, von großer Schwierigkeit. Im Folgenden sind einige der Anordnungen aufgezählt, welche mit Erfolg angewendet worden sind.

Kurze Pfähle von 2 bis 4 Meter Länge und 0,15 bis 0,22 Meter Seite werden so nahe neben einander eingeschlagen, als sie zusammengedrängt werden können, und dies über eine Fläche, die beträchtlich größer ist, als die, welche später das Bauwerk einnehmen soll. Die Köpfe der Pfähle werden genau in eine Ebene gebracht, um einen Rost zu tragen, oder es wird eine 1 bis 2 Meter dicke Schicht von Thon über die gepfählte Fläche gebracht, welche man in Schichten von 0,3 Meter Dicke tüchtig einstampft. Durch das Eintreiben der Pfähle wird der Grund zwischen denselben dicht zusammengepreßt und der Rost oder die Thonscheibe soll den Druck gleichmäßig vertheilen. Beide werden ganz zweckmäßig durch eine Betonschicht ersetzt.

Der Zweck der kurzen Pfähle ist hier ein anderer, als bei den gewöhnlichen Pfahlgründungen, wo die Pfähle den Druck auf einen nicht nachgebenden Grund übertragen sollen.

Ist ein fester Grund von einem nachgebenden überlagert, und ist die Dicke des letztern so, daß man mit Pfählen von gewöhnlichen Dimensionen den ersten erreichen kann, so sollten diese jeder andern Gründung, ihrer Wohlfeilheit und der gewährten Sicherheit wegen, vorgezogen werden. Um in diesem Falle die Gründung vorzubereiten, werden starke Pfähle in gleichen Entfernungen über die ganze Baufläche eingetrieben, bis sie so weit in den festen Grund reichen, daß sie nicht weiter eindringen.

Die Pfähle nimmt man hierzu gewöhnlich von 0,20 bis 0,45 Meter Durchmesser und einer Länge, welche den zwanzigfachen Durchmesser nicht überschreitet, um das Biegen unter dem Schlagen des Rammklotzes zu vermeiden. Man nimmt ihnen zuvor die Rinde und die hervorragenden Astknoten, um den Widerstand bei'm Eintreiben möglichst klein

zu machen. Der Kopf des Pfahls wird gewöhnlich mit einem eisernen Ringe gegen das Zersplittern gesichert, der Fuß erhält einen gutpassenden, schmiedeeisernen Schuh, oder auch einen gußeisernen Schuh, der um einen schmiedeeisernen Bolzen gegossen wurde, mit welchem er an den Pfahl befestigt wird.

Fig. 28 stellt den Durchschnitt eines gußeisernen Pfahlschuhes mit einem schmiedeeisernen Bolzen dar. Zum Eintreiben der Pfähle wird die Ramme gebraucht. Sie besteht im Wesentlichen aus zwei verticalen Bäumen, an welchen der Rammklotz, der Bär mit einem Seile, das über eine am obern Ende jener Bäume befestigte Rolle geht, hinaufgezogen wird, welcher dann bei'm Herabfallen den unter ihn gestellten Pfahl trifft und in den Boden eintreibt. Man hat die Zugramme und die Kunstramme. Bei der erstern wird der Rammklotz durch einen schnellen Zug mehrer Männer an dem Seil etwas über einen Meter hoch in die Höhe geschnellt, um auf den Pfahl zurückzufallen; bei der Kunstramme wird der Bär durch Maschinerie viel höher hinaufgezogen, um aus dieser größern Höhe auf den Pfahl herunterzufallen.

Die letztere Maschine ist weitaus die kräftigste; aber sie ist nicht überall anwendbar, wie, z. B., bei'm Eintreiben von gußeisernen Pfählen, welche bei dem heftigen Stoße zersplittern würden; auch bei sehr langen und dünnen Pfählen kann sie deßhalb nicht angewendet werden.

Das Verfahren bei'm Einrammen der Pfähle und die Tiefe, auf welche diese eingetrieben werden sollen, hängt von örtlichen Umständen ab. Es kommt vor, daß ein starker Stoß weniger ausrichtet, als mehre schwache Schläge, und daß nach einer Pause zwischen den Schlägen die Pfähle zuerst nur mit Schwierigkeit vorwärtsgehen. Zuweilen brechen die

Pfähle unter dem Boden und fahren fort, den Schlägen der Ramme zu weichen, indem die Fasern am untern Ende des Pfahls zertrümmert werden. Diese Zufälle erfordern genaue Beaufsichtigung des Ingenieurs. Pfähle sollen bis zu einem nichtweichenden Untergrunde getrieben werden. Die französischen Ingenieurs haben indessen die Regel angenommen, daß das Einrammen der Pfähle zu beenden sei, sobald das Eindringen durch eine Hitze von 30 Schlägen mit einem Rammklotze von 400 Kilogr. Gewicht, der jedesmal 1,3 Meter hoch herabfällt, nicht mehr, als 8 Millimeter beträgt.

Ist ein Pfahl bis zu der Tiefe eingetrieben, zu welcher der Rammklotz herabfällt, so wird ein Zwischenpfahl aufgesetzt, welcher mit einem gußeisernen Fuße von passender Form den ersten umfaßt.

Soll ein Pfahl, weil er abgebrochen ist, oder aus einem andern Grunde, ausgezogen werden, so geschieht dies mit Hülfe eines langen Baumes, den man als Hebel gebraucht, und an welchen der Pfahl mit Hülfe eines Seiles oder einer Kette befestigt wird.

Die Zahl der erforderlichen Pfähle bestimmt sich nach dem Gewichte des Bauwerks. Die Belastung auf jedem Quadratcentimeter kann mit Sicherheit 30 bis 35 Kilogr. betragen. Die geringste Entfernung, auf welche man die Pfähle nebeneinander eintreiben kann, ist ungefähr 0,75 Meter von Mittel zu Mittel. Werden sie mehr zusammengedrängt, so können sie sich gegenseitig bei'm Rammen auftreiben. Findet man dies, so muß man in der Mitte der Baufläche das Eintreiben beginnen und die Pfähle mit dem dicken Ende niederwärts eintreiben.

Nach sorgfältigen, in Frankreich angestellten Versuchen ist festgestellt, daß Pfähle, welche nur durch die Reibung festgehalten werden, welche durch das

Zusammendrücken des Grundes entsteht, nur mit $\frac{1}{5}$ des Gewichtes belastet werden dürfen, welche Pfähle in festem Erdreiche mit Sicherheit tragen.

Sind die Pfähle eingerammt, so werden die Köpfe auf gleiche Höhe abgeschnitten, um einen Rost darauf zu legen. Zuerst wird ein starker Baum, der Holm, auf die Köpfe der äußersten Pfahlreihe gelegt, mit welchen sie durch angeschnittene Zapfen, oder durch Holzfedern oder hölzerne Nägel verbunden wird. Ebenso werden die andern Langschwellen und Querschwellen gelegt, welche den Durchkreuzungsstellen verplattet werden, so daß die Oberflächen in einer Ebene bleiben. Die äußersten Schwellen werden durch die inneren mit Schwalbenschwanzverplattung festgehalten.

Wird ein Holzboden angewendet, so wird dieser aus starken Bohlen bereitet, welche auf den Schwellen durch Nägel befestigt werden.

Diesem Holzboden macht man den Vorwurf, daß eine Bindung zwischen ihm und dem Mörtel Statt findet; daß also bei einem ungleichen Setzen das Fundament über diesem Boden abgleiten könne. Um dies zu umgehen, hat man vorgeschlagen, den Rost und die Plattform durch eine Betonschicht zu ersetzen, welche zum Theil auf den Köpfen der Pfähle, zum Theil auf dem Boden zwischen diesen ruht. Dieses giebt ein solides Fundamentbett, welchem die Fehler des Holzes nicht anhaften.

Um jedes Abgleiten zu vermeiden, muß das Fundamentbett passend geneigt sein, wenn der Druck des Fundamentes schief, wie dies, z. B., bei den Widerlagern der Bögen der Fall ist.

Bei'm Gründen in Alluvialformationen begegnet man häufig einer Thonschicht über weichem Schlamm; dort ist das Eintreiben kurzer Pfähle fehlerhaft und dient nur dazu, den Zusammenhang der festen Thon-

schicht aufzuheben. Besser ist es hier, nur dem Thone alle mögliche Festigkeit durch Stoßen oder Pressen zu geben.

Gußeiserne Pfähle und Bohlenpfähle sind in England mit vollständigem Erfolge sowohl für gewöhnliche Fangdämme, als für dauernde Gründungen, Ufermauern, angewendet worden. Die Pfähle sind in mannichfachen Formen gegossen worden; zuweilen hat man sie hohl gegossen, um den Grund in den Pfahl eintreten zu lassen und so das Eintreiben zu erleichtern.

Fig. 29 ist ein horizontaler Durchschnitt einer Spundwand aus gußeisernen Pfählen. a Bohlenpfahl mit einem Vorsprung e, welcher die Fuge zwischen ihm und dem nächsten überdeckt. b Pfahl mit Vorsprung an jeder Seite. c Bohlenpfahl ohne Vorsprung. d Verstärkungsrippen.

Auch Sand wurde angewendet, um ein Gründungsbett auf sehr nachgiebigem Boden zu erhalten. Hierzu wird eine Grube ausgeworfen und mit Sand ausgefüllt; dieser Sand wird in Schichten von 0,20 Meter ausgebreitet und jedesmal mit einer schweren Katze festgestoßen, ehe die nächste Schicht darauf kommt. Dringt Wasser in die Baugrube, so kann man kein Sandbett in Schichten herstellen.

Fig. 30 zeigt ein Grüudungsbett von Sand, mit Mauerwerk darauf. A das Sandbett in der Grube. B Mauerwerk.

Fig. 31 zeigt einen Verticalschnitt durch eine Gründung auf mit Saud gefüllte Bohrlöcher. A mit Sand gefüllte Bohrlöcher. B Mauerwerk.

Statt hier eine Baugrube zu öffnen, werden ungefähr 2 Meter tiefe und 0,15 Meter weite Löcher so nahe, als möglich, nebeneinander in den Untergrund, mit Hülfe eines kurzen Pfahls, geschlagen, welche man unmittelbar, nachdem man den Pfahl

herausgezogen hat, mit Sand füllt. Damit sich dieser dicht einlege, wird er vor dem Einfüllen stark genetzt.

Wird Sand auf diese Weise benutzt, so nimmt er eine Stabilität an, welche er behält, wenn auch der Boden, auf welchem er liegt, weicht. Das Sandbett muß aber eine hinreichende Dicke erhalten, um den Druck gleichmäßig auf die ganze Unterfläche zu übertragen.

Ist der Grund so flüssig, daß er bei dem verticalen Drucke des Bauwerkes um die Gründung aufsteigt, so kann man den Boden rings um das Bett bis zu einiger Tiefe ausheben und an seine Stelle dichteren Grund gut einstampfen, oder mit Schutt von passender Art ausfüllen lassen, oder man beschwert den Boden rings um die Gründung mit einer Masse loser Steine, wenn dies nicht zu theuer ist.

Vorsorge gegen seitliches Abgleiten. Der Grund, den wir als zusammendrückbar bezeichnet haben, giebt, genau genommen, nur dadurch nach, daß sich seine Theile unter dem Drucke des Bauwerks seitwärts fortschieben. Wo dieser Druck vertical abwärts geht und gleichförmig über die ganze Fläche vertheilt ist, sind die bisher angegebenen Mittel hinreichend, um dem Baue dauernde Stabilität zu geben. Wo aber ein Seitenschub vorhanden ist, wie, z. B., bei einer Stützmauer, welche von einer nebenstehenden Erdschicht nach der Seite gedrückt wird, da muß man noch andere Mittel anwenden.

Eines der einlenchtendsten Verfahren hierbei besteht darin, daß man eine Reihe starker quadratischer Pfähle unmittelbar nebeneinander auf der äußern Seite der Gründung eintreibt. Dieses Verfahren ist aber nur dann von Nutzen, wenn die Pfähle entweder einen nicht nachgebenden Grund erreichen, oder

wenigstens einen, welcher fester, als der, auf den unmittelbar gegründet ist. Jedenfalls tragen die Pfähle den Druck nur auf die ausweichende Erde vor ihnen über; reichen sie aber bis in einen festen Untergrund, so können sie durch den Seitenschub nur noch abgebrochen oder mit dem festen Grunde fortgeschoben werden.

Erreichen die Pfähle einen festen Untergrund, so ist es am besten, den obern nachgiebigen Boden wegzugraben, ehe man die Pfähle eintreibt und den Raum zwischen diesen und um sie mit losen Steinen anzufüllen. Dies giebt den Pfählen mehr Steifigkeit und hindert sie, sich zu biegen.

Fig. 32 zeigt die Anwendung loser Steine, um Pfähle gegen Seitenschub zu schützen. **A** Schnitt des Mauerwerkes. **B** lose Steine um die Pfähle a.

Können die Pfähle nicht bis in einen stehenden Untergrund getrieben werden, so ist es besser, diese rund um die Baustelle in einiger Entfernung von dem Gründungsbette einzutreiben und horizontale Streben von unregelmäßigen Entfernungen von dem Bette bis an die Pfähle zu mauern.

Bei dieser Anordnung wird einige Sicherheit durch den Gegendruck des zwischen den Pfählen und dem Bette eingeschlossenen Grundes erhalten; doch ist ein Abgleiten bei starkem Schube immer noch nicht sicher abgewehrt.

Gebraucht man horizontale Streben, so müssen die Steine dazu sorgfältig behauen sein; ihre Enden nahe an dem Walle von Pfählen sollten durch horizontale Bogen verbunden sein, um den Druck gleichförmiger zu verbreiten.

Fig. 33 zeigt eine Anordnung, um eine Stützmauer gegen Seitenschub zu sichern, mit horizontalen Streben, welche sich mit umgekehrten Bögen gegen verticale Widerlager stützen. **A** Aufriß der Mauer,

Strebe und Widerlager. B Grundriß. a Grundriß der Stützmauer. b Aufriß derselben. c Strebe. d Widerlager.

Bei Streben dieser Art, wie bei großen Flächen auf sehr! nachgebendem Grund, ist ein Bruch durch das eigene Gewicht oder aus anderer Ursache sehr gefährlich, weßhalb sie sehr sorgfältig ausgeführt werden müssen. Einiges kann durch starkes Stoßen der Erde ringsum mit einer schweren Handramme geschehen, oder dadurch, daß man die obersten Schichten der Erde ringsum aushebt und dafür festere einstampft.

Die folgenden Methoden haben da, wo sie angewendet werden können, und wo der Bau die Verwendung der Kosten rechtfertigt, die größte Sicherheit gewährt.

Kann das Gründungsbett mit Streben und einem Damme versehen werden, so kann man parallel mit der Außenseite des Bettes eine niedere Mauer in 3 bis 4 Meter Entfernung bauen. Zwischen diese und das Fundament wird ein umgekehrter Bogen zur Verbindung hergestellt; außerhalb dieses Bogens wird ein Damm von dichter Erde fest aufgestampft, um als Gegendruck gegen den Schub des Gründungsbettes zu dienen.

Fig. 34 stellt eine Stützmauer dar, welcher in der Fronte der Gegendruck eines Dammes entgegengestellt ist, der durch umgekehrte Bogen auf die Mauer übertragen wird. a Schnitt der Stützmauer. b Schnitt durch die Stützmauer des Dammes d. c umgekehrter Bogen. d Durchschnitt des Dammes. e Erde hinter der Stützmauer.

Kann das Fundament nicht durch Streben vor der Stützmauer geschützt werden, wie bei Ufermauern, so kann ein Pfahlrost mit Boden auf der Rückseite der Stützmauer in einiger Höhe gelegt

werden, um den Druck der obern Erdschichten in die Tiefe unter der Stützmauer fortzuleiten, und so zu verhüten, daß die tieferen Erdschichten in der Stützmauer durch das Gewicht der obern gegen diese gedrückt und die Stützmauer nach der Seite geschoben werde.

Fig. 35 zeigt eine Anordnung, durch welche der Seitendruck der untern Schicht eines Erddammes gegen eine Stützmauer durch einen Pfahlrost mit Boden hinter der Mauer größtentheils aufgehoben wird. **A** die Mauer. **B** der Erddamm. **a** Pfähle des Rostes unter der Mauer. **b** lose Steine, welche ein festes Bett unter dem Roste bilden. **c** Pfähle unter dem Roste und Boden **d** hinter der Mauer.

Kann man hierzu eiserne Bänder auf der Rückseite der Stützmauer an festen Puncten anheften, so kann man hierdurch die Sicherheit des Baues bedeutend erhöhen.

Gründungen im Wasser. Bei Gründungen im Wasser sind zwei Schwierigkeiten zu besiegen, welche die Aufmerksamkeit und Sorge des Ingenieurs sehr in Anspruch nehmen. Die erste besteht in der Bereitung des Gründungsbettes, die zweite in dem Schutze dieses Bettes gegen die Einwirkung des Wassers. Das letzte ist gewöhnlich die schwierigere von beiden Aufgaben; denn ein Wasserstrom nimmt nach und nach nicht nur jede Art von losem Boden weg, sondern selbst die weicheren Steine, besonders, wenn diese schieferig oder sonst von losem Gefüge sind.

Um eine Gründung in stehendem Wasser vorzunehmen, ist die einzige Schwierigkeit, das Wasser von der Brustfläche entfernt zu halten. Ist das Wasser nicht über 1,2 Met. tief, so kann dies einfach dadurch geschehen, daß man die Baustelle mit einem gewöhnlichen wasserdichten Damme von Thon oder einer

andern bindenden Erde umgiebt. Hierzu wird rings um die Baustelle zuerst ein Graben gezogen, indem man die weiche Erde oder den losen Schutt am Boden aushebt und dann diesen Graben mit Letten ausfüllt, auf welchen man nachher Lettenscheiben von etwa $\frac{1}{4}$ Meter Dicke ausarbeitet und feststampft. Ist der Damm fertig, so wird das Wasser aus der eingeschlossenen Stelle ausgepumpt und die Gründung auf trocknem Lande angefangen.

Ist die Tiefe des stehenden Wassers mehr, als 1,2 Met., oder bei fließendem Wasser irgendwelche, o muß der gewöhnliche Damm durch einen Kastendamm ersetzt werden. Dieser besteht aus zwei Bohlen, Spundwänden, welche in den Boden eingerammt werden, so daß sie einen geschlossenen Raum zwischen sich lassen, welcher dann mit Letten oder bindender Erde ausgestampft wird, so daß ein wasserdichter Damm um die Baustelle gebildet wird.

Die Anordnung dieser Fangdämme hängt von dem speciellen Falle, der Tiefe des Wassers und der Beschaffenheit des Untergrundes ab.

Mit Rücksicht auf den ersten Punct soll die Breite zwischen den Spundwänden so groß genommen werden, daß der Raum später zur Aufstellung der Arbeitsmaschinen und des Materials dienen kann, was besonders dann von Wichtigkeit ist, wenn der ganze Fangdamm von dem Ufer entfernt, isolirt ist. Der innere, von dem Fangdamm eingeschlossene Raum muß groß genug sein, um neben dem eigentlichen Gründungsbette die innerhalb des Dammes zu gebrauchenden Materialien und Maschinen aufzunehmen.

Die Dicke des Fangdammes muß überdieß so groß sein, daß das Gewicht der eingestampften Erde, verbunden mit der Festigkeit der Spundwände, dem Seeitendrucke des Wassers widerstehen kann, wenn

der Raum im Innern des Dammes ausgepumpt ist. Der Widerstand von dem Gewichte der eingestampften Erde ist leicht zu berechnen; der Widerstand des Holzwerkes hängt von der Art der Verbindung desselben und den Mitteln ab, die man genommen hat, dasselbe zu stützen.

Die einfachste und gewöhnlichste Construction eines Fangdammes besteht darin, daß man erst eine Reihe von gewöhnlich starken Pfählen rings um den einschließenden Raum in einer Entfernung von beiläufig 1,2 Met. von Mittel zu Mittel eintreibt. Innerhalb dieser Reihe wird eine zweite Reihe parallel mit der ersten eingerammt; die Entfernung dieser Reihe von der ersten bestimmt die Dicke des Fangdammes. Die Pfähle jeder Reihe werden durch horizontale Balken mit einander verbunden, welche Langschwellen, Holme heißen und 0,3 Met. bis 0,6 Met. über dem höchsten Wasserstand angebracht und mit jedem Pfahle durch Verkämmen und Bolzen verbunden werden. Die Langschwellen auf der innern Seite des Fangdammes werden innen an den Pfählen befestigt, die äußern auf der Außenseite der Pfähle. Die Langschwellen werden durch Querriegel verbunden, welche mit jenen verbunden sind; sie dienen, theils die Pfahlreihen zusammenzuhalten, theils als Querbalken für das Baugerüste. Auf der innern Seite der Pfahlreihen werden die Leitbäume in gleiche Höhe mit den Langschwellen gelegt; sie dienen als Leiter und Widerlager für die Bohlen der Spundwände. Diese Bohlen werden gut gefügt und neben einander an den Leitbäumen eingerammt. Eine dritte Reihe von Langhölzern, von schwächerer Art, hält mit Hülfe großer Nägel die Bohlen an den Leitbäumen fest.

Fig. 36 ein Schnitt eines gewöhnlichen Fangdammes. a Hauptpfähle. b Langschwellen. c Quer-

schwellen. d Spundwand. e Leitschwellen. A eingestampfte Erde. B Baustelle.

Bei außergewöhnlichen Tiefen muß der Ingenieur eine Berechnung über den Widerstand, den der Fangdamm dem Drucke des Wassers entgegensetzt, nicht vernachlässigen; für die gewöhnlichen Fälle, wenn die Wassertiefe nicht über 3 Meter beträgt, macht man den Damm 3 Meter breit und giebt für jeden Meter größere Tiefe $\frac{1}{3}$ Meter in der Breite des Fangdammes zu. Diese Regel giebt alle Sicherheit gegen das Eindringen des Wassers durch den Körper des Dammes, aber sie giebt nur dann hinreichende Festigkeit, wenn die Dimensionen des Holzwerkes angemessen vergrößert werden. In sehr tiefem, anschwellendem Wasser hat man Fangdämme mit einer Staffel gebaut, indem man drei Reihen Spundwände herstellte, um dem Damme unter dem Niederwasserspiegel eine größere Dicke zu geben. In solchen Fällen bildet man die Spundwand mit starken, quadratischen Pfählen, die mit Nuth und Feder ineinandergefügt sind. Abgesehen von dem Wasserdrucke, muß man den Spundwänden hinreichende Stärke geben, um dem Drucke des einzustampfenden Lettens zu widerstehen, wenn die Baugrube von Wasser entleert wird. Dieser Druck kann noch durch den Druck des Wassers auf die äußere Spundwand vergrößert werden, wenn dieser Druck größer ist, als der innere des Dammes. Um sich gegen diese Pressungen vorzusehen, kann man noch in einigen Abständen Langhölzer an der innern Pfahlreihe anbringen, ehe die Spundwand eingetrieben wird; und die gegenüberliegenden Seiten des Dammes können durch Querbalken gegeneinander gestützt werden, welche kreuzweise zwischen den Langschwellen am obern Ende des Dammes und in verschiedener Tiefe angebracht werden.

Der Hauptübelstand dieser Fangdämme entsteht aus dem Durchbrechen des Wassers unter dem Damme. In allen Fällen sollten die Pfähle wie die Spundwand in einem festen, dichten Grunde hinabgetrieben werden. Muß im Innern eine Grube aufgethan werden, um den Untergrund, auf welchen die Gründung geschehen soll, kennen zu lernen, so muß man die Spundwand wenigstens bis zu dieser Tiefe niedertreiben, und noch tiefer, wenn dies der Widerstand erlaubt.

Die Füllung des Dammes soll aus einer Mengung von zähem Thon und Sand geschehen; dieses Gemenge setzt sich besser, als Thon allein. Ehe man dasselbe zwischen die Spundwände bringt, muß man von dem Boden allen Schlamm und losen Grund sorgfältig entfernen; die Füllung wird dann in Schichten eingebracht, gepreßt und dabei das Wasser so wenig, als möglich, bewegt.

Mit der gehörigen Sorgfalt können diese Fangdämme für Gründungen in Wasser von jeder Tiefe gebraucht werden, wenn man nur einen wasserdichten Boden für die Füllung erreicht. Sandiger Boden ist in dieser Beziehung der schlimmste, und bei mehr, als 1,5 M. Tiefe muß man hier außergewöhnliche Sorge verwenden, um das Eindringen des Wassers unter den Boden zu verhindern.

Ist die Tiefe des Wassers mehr, als 3 Meter, und besonders, wenn der Boden auf 1 Meter, oder mehr aus weichem Schlamm oder losem Grunde besteht, welchen man nothwendig ausheben muß, um ein Gründungsbett zu erhalten, so muß man besondere Mittel anwenden, um die innere Spundwand gegen den Druck der Füllung zu sichern, um das Eindringen des Wassers durch den Boden des Dammes und das Umwerfen des Dammes durch den Druck des äußern Wassers, nachdem der innere Raum

trocken gelegt ist, zu verhüten. Die besten Mittel sind hierzu, die äußere Spundwand, wie eben angegeben, herzustelleu, und ihr durch mehre Reihen Langhölzer, die in verschiedenen Tiefen angebracht werden, die nöthige Verstärkung zu geben. Der innern Spundwand giebt man durch ein starkes Rahmenwerk von Holz den gehörigen Halt. Dieses Holzwerk kann aus starken Pfosten bestehen, die man in angemessenen Entfernungen aufstellt, welche von der zu gebenden Festigkeit abhängen; in diese sind quadratische Langhölzer gestützt und mit Bolzen befestigt, welche auf ihrer äußern Seite die Spundwand halten. Die Pfosten an den gegenüberliegenden Seiten der Baugrube werden durch horizontale Streben paarweise gegeneinander gestemmt. Diese müssen so gestellt werden, daß sie leicht herausgenommen werden können, wenn das Mauerwerk bis zu ihrer Höhe herangewachsen ist; man ersetzt sie dann durch Streben, welche sich gegen dieses Mauerwerk stützen.

Fig. 37 zeigt einen Querschnitt des bei dem Potomak-Aquaduct gebrauchten Fangdammes. a Hauptpfahl der Außenseite; b starker Pfosten, dem Pfahl a entsprechend; in ihm sind die Langhölzer n, n verkämmt und verbolzt; c, c Spundwände, d Hauptschwelle, e Querschwelle, i Leitbäume für die Spundwände; o, o horizontale Streben gegen die entgegengesetzte Seite des Dammes. A Füllung, B Baugrube, C Schlamm u. dergl., D fester Boden.

Zeigt ein Flußbett eine felsige Oberfläche, oder ist der Fels nur ungefähr 1 Meter hoch mit losem Grunde bedeckt, so kann es ökonomischer und ebenso zweckmäßig sein, eine Betongründung vorzunehmen, ohne das Wasser zu entfernen, wobei man die Baustelle vor dem Eintragen des Betons einfach mit einer Wand aus starken Pfosten, Balken und einer Spund-

wand umgiebt. Das Zimmerwerk besteht hierbei aus Pfosten, welche durch paarweise angebrachte Langhölzer verbunden sind. Jedes Paar ist an die Pfosten durch Verkämmung und Bolzen festgemacht und läßt zwischen sich eine Spalte zur Aufnahme der Bohlen der Spundwand. Um den Rahmen des Kastens auf dem Felsen zu befestigen, bohrt man Löcher in diesen zur Aufnahme der Pfosten. Diese Löcher werden mit einem eisernen Bohrer in den Stein geschlagen. Ein so zusammengesetzter Kasten kann in allen Fällen, wo man ein Werk unter Wasser gründen soll, oder wo man Mauerwerke unterm Wasser legen muß, von großem Nutzen sein. Der Rahmen wird auf dem Lande zusammengefügt, an den Ort seiner Bestimmung geflößt und dort auf den Felsen befestigt; die Bohlen werden dann zu einer Spundwand bis auf den Felsen niedergetrieben.

Fig. 38 zeigt eine Spundwand zu einer Betonirung. **A** Verticalschnitt der Spundwand und des Betons. **B** Grundriß. **a, a'** Pfosten, die durch horizontale Balken **b, b'** verbunden sind. **c c'** Spundwand aus Bohlen. **d, d'** eiserne Anker, welche die gegenüberliegenden Seiten des Fangdammes gegeneinander stützen.

Der bequeme und wohlfeile Gebrauch des Betons bei Gründungen in Wasser haben dem General Treussart zu dem Vorschlage veranlaßt, zuerst ein Gründungsbett von Beton herzustellen, und dann die Festigkeit und das Nichtdurchlassen von Wasser durch dieses Bett zu benutzen, indem man einen Fangdamm auf dem Betonbett herstellt, worauf man den Bau selbst mit Sorgfalt beginnen kann. Um dies auszuführen, wird zuerst der Raum, welchen das Bett einnehmen soll, mit quadratischen Pfählen, die dicht nebeneinander eingeschlagen werden, und welche man oben durch einen Balken verbindet, eingeschlossen;

dann wird das Betonbett mit der gehörigen Sorgfalt gelegt, und solange dasselbe noch weich ist, eine zweite Reihe von quadratischen Pfählen wieder unmittelbar nebeneinander und in dem gehörigen Abstande von der ersten Reihe eingetrieben, welche man endlich wieder an den Köpfen mit Langhölzern verbindet. Querbalken halten dann noch die beiden Pfahlreihen zusammen und dienen zu dem Arbeitsgerüste. Die Füllung wird wie gewöhnlich genommen.

Fig. 39 zeigt einen Verticaldurchschnitt von General Treussart's Damm. A. Bett von Beton. B. Füllung des Damms. C. Mauerwerk. a. Pfähle. b. Holm. c. Querbalken.

Sollte der Boden unter dem Betonbette Wasser durchlassen, so kann der Druck des Wassers, nachdem die Baugrube ausgepumpt ist, Theile des Betonbodens und des Fangdammes in die Höhe drükken. Man muß deßhalb eine Berechnung anstellen, ob dies der Fall sein kann, und dann das Gründungsbett vorläufig hinreichend belasten, ehe man das Wasser aus der Baustelle entfernt.

Fig. 40 zeigt einen Querschnitt und die Ansicht des Endes eines Versenkkastens. Die Bohlen sind hier so gezeichnet, als wären sie in die Pfosten eingefugt, statt daß sie an äußern Seiten der Pfosten angenagelt sein müssen.

a Bodenbalken, welche in die Streckbalken eingefugt sind. b Pfosten, welche die Seitenwände halten. c Querbalken auf den Pfosten. d Eiserne Bolzen in Haken am Boden und mit Schrauben am oberen Ende. e Langhölzer, welche die Querbalken in richtiger Lage halten. A Mauerwerk.

Ist das Wasser tief und ist ein Durchbruch des Wassers durch den Untergrund zu befürchten, so kann ein Fangdamm der beschriebenen Art weniger wohlfeil und zweckmäßig sein, als ein Versenkkasten.

Dieses ist ein starker, wasserdichter Kasten mit einem Boden von starkem Holze und verticalen Wänden, welche schnell an dem Boden abgelös't werden können. Im Folgenden ist die gewöhnliche Anordnung der Versenkkästen angegeben, welche übrigens wie die Fangdämme sich nach der Oertlichkeit abändern. Der Boden des Kastens dient als Plattform des Fundamentes und ist deßhalb eben von ganzem Holze, das unmittelbar nebeneinander gelegt ist, gemacht; diese Querhölzer sind an den Enden in Streckbalken von etwas größeren Dimensionen verzapft und das Ganze durch Schraubenbolzen dicht zusammengehalten. Die Seitenwände des Kastens sind gewöhnlich vertical und bestehen aus Pfosten, die mit dicken Bohlen bekleidet sind, wobei die Fugen sorgfältig wasserdicht gemacht sind. Die untern Enden sind in die Streckbalken des Bodens eingezapft. Die Seitenwände können auf folgende Weise vom Boden getrennt werden: starke eiserne Haken sind an dem Boden, außer an den Streckbalken, an den Stellen angebracht, an welche die Pfosten zu stehen kommen. In diese Haken werden eiserne Stäbe von ungefähr 5 Centimeter Durchmesser mit an ihnen angebrachten Augen angehängt, die oben durch Querbalken gehen, welche auf den Pfosten angebracht sind und über diese vorstehen. Ein am oberen Ende in die Stäbe eingeschnittenes Schraubengewinde erlaubt den Boden fest gegen die Seitenwand zu pressen, und später wieder den Boden mit dem darauf erbauten Mauerwerk von den Seitenwänden des Kastens zu trennen.

Zur Aufnahme des Versenkkastens wird entweder nur der Boden geebnet, oder es müssen große Pfähle geschlagen werden, welche bis zu festem Erdreich reichen und auf welche, nachdem sie in einer Ebene abgeschnitten sind, der Kasten gesetzt wird.

Um den Versenkkasten auf das zubereitete Grundbett zu bringen, wird er über dasselbe geflößt und dort fest verankert, worauf man das Mauerwerk in demselben anfängt, und fortbaut, bis der Kasten durch das Gewicht sich zu Boden setzt. Der Kasten muß so eingerichtet sein, daß er nach Belieben versenkt und auch wieder in die Höhe gebracht werden kann, wenn etwa das Gründungsbett nicht vollkommen eben gefunden wird. Zu dem Ende ist in der Seite des Kastens eine kleine Schütze angebracht, durch welche man nach Belieben Wasser in derselben bringen, und so der Kasten zum Sinken gebracht werden kann. Schließt man die Schütze und pumpt das Wasser aus, so hebt er sich wieder.

Ist der Kasten auf sein Bette gebracht, und die Mauerung bis zur Oberfläche des Wassers fortgesetzt, so lös't man die Seiten des Kastens ab.

Um die Pfähle an die richtige Stelle zu bringen, und um sie bei'm Eintreiben vor dem Auswärtsweichen zu bewahren, kann man einen Rost aus starkem Holze, den man aus ineinander gefügten Lage- und Querhölzern fest zusammenarbeitet, anwenden. Die Querhölzer nimmt man hierzu doppelt, so daß eine Lage über, die andere unter den Langhölzern hindurchgeht. Die Oeffnungen dieses Rahmenwerkes läßt man groß genug, um 4 oder 9 Pfähle mit einer zu umfassen.

Dieser Rahmen wird in einer Tiefe unter dem Wasser an einigen provisorischen Pfählen befestigt.

Bei einer sehr ausgedehnten Baustelle und tiefen Wasser können die hier aufgezählten Gründungsweisen nicht angewendet werden. In solchen Fällen wird zur Gründung eine kleine Insel aus losen Steinblöcken von großem Gewichte gebildet, der man eine Lösung von eins Höhe auf eins Grundlinie bis

zu eins Höhe auf sechs Grundlinie giebt, je nachdem das Bett der Einwirkung der Wellen ausgesetzt ist. Dieses Gründungsbett wird mehr oder weniger über die Oberfläche des Wassers erhoben, und darauf dann die Gründung selbst begonnen.

Es ist wichtig, darauf zu merken, daß, wo sehr schwere Massen auf einen unsicheren Grund gelegt werden, der Bau selbst nicht beginne, ehe nicht das Bett selbst sich gehörig gesetzt hat; und selbst dann noch nicht, wenn man befürchten muß, daß sich das Gründungsbett durch das Aufführen des schweren Baues noch weiter setze. Hat man hierüber Zweifel, so muß man das Bett vorläufig mit einem Gewichte belasten, das noch etwas größer ist, als das des Baues selbst. Dieses Gewicht entfernt man nach und nach, wie der Bau voranschreitet, wenn es nicht durch die Baumaterialien selbst gebildet ist.

Bei fließendem Wasser muß der Grund rings um das Bett gegen die Einwirkung des Stromes gesichert werden. Die gewöhnlichste Art ist, schwere Steine, welche der Strom nicht mehr bewegen kann, auf den Grund in großer Menge zu bringen. Diese Methode genügt überall, wo der Grund nicht ausweichend ist, wie Sand und Kies. Um in einem solchen Boden eine Gründung gegen strömendes Wasser zu schützen, hebt man den Grund 1 bis 2 Meter tief um das Gründungsbett aus und füllt diesen Graben mit Beton aus, dessen Oberfläche man mit breiten und flachen schieferigen Steinen belegt, um sie gegen das Abreiben durch Gerölle zu schützen.

Ist der Grund weicher Schlamm auf große Tiefe, so kann man das Bett mit Bohlenpfählen umgeben und den eingeschlossenen Raum mit losen Steinen ausfüllen. Bei sehr weichem Schlamm muß man oft noch die Fläche mit einem Roste oder mit

dicht gelegten Faschinen belegen, und diese erst mit den losen Steinen beschweren.

Construction des Mauerwerks.

Hier soll Alles betrachtet werden, was die Bestimmung der Formen und Dimensionen der wichtigsten Elemente eines Baues aus Mauerwerk betrifft, zugleich mit den Einzelnheiten ihrer Construction.

Fundamente. — Das Fundament soll dem Baue Stabilität geben, indem es sein Gewicht auf eine breitere Grundfläche überträgt; diese Breite wird also dem Gewichte des Baues und der Nachgiebigkeit des Untergrundes proportional sein müssen. Auf Felsen, welche nicht nachgeben, wird eine Verbreiterung des Fundamentes über die Grenze, welche gegen das Umwerfen sichert, die Stabilität nicht vermehren; während bei sehr zusammendrückbarem Boden die Grundfläche des Fundamentes sehr breit sein muß, so daß sich das Gewicht des Baues auf eine sehr große Fläche verbreitet.

Fig. 41 zeigt eine Fundamentmauer. **A** Böschung. **B** Staffeln. **C** Oberbau. Die Basis der Fundamentmauer nimmt man breiter, als die obern Ende, um zu sparen. Diese Abnahme in der Breite geschieht entweder in Staffeln oder in einer geneigten Fläche. Das letzte ist jetzt das gebräuchlichere.

Hat das Fundament nur einen Verticaldruck zu vertheilen, so wird demselben auf beiden Seiten gleicher Anzug gegeben; findet ein Seitenschub Statt, so wird der Anzug nur auf der, dem Seitenschube entgegengesetzten Seite gegeben, um das Umkanten der Mauer besser zu vermeiden.

Die untersten Lagen des Fundamentes werden aus den größten Steinblöcken gebildet, wobei man diese mit dem Hammer rauh richtet; ist aber das Gründungsbett zusammendrückbar, und sind die Flä

chen der Steine nicht eben, so ist es besser, kleine Steine zu nehmen und diese mit einer schweren Handramme fest einzustoßen. Diese Steine binden sich besser in das Bett als die großen Steine. Die darauffolgende Schicht muß dann aber aus großen Steinen bestehen, um die kleinen besser zu verbinden, und den Druck gleichförmiger auf sie zu vertheilen.

Besteht das Fundament in vereinzelten Unterlagen, wie für Pfeiler oder Säulen, so verbindet man diese durch umgekehrte Bogen, um den Druck des Baues auf das ganze Gründungsbett zu vertheilen. Dieses ist nothwendig bei nachgebendem Boden; bei stehendem Grunde hat man nur die Schichten unter jedem einzelnen Träger mit besonderer Sorgfalt aufzuführen.

Fig. 42. Durchschnitt verticaler Träger auf umgekehrten Bogen. **A** Umgekehrter Bogen. **B** Verticale Träger. **C** Steinbett.

Die Ecken der Fundamente müssen aus den größten Steinen gebildet werden. Die Schichten müssen durch das ganze Fundament gleichzeitig aufgeführt werden, um einen ungleichen Druck desselben zu vermeiden.

Die Steine der obersten Schicht des Fundamentes sollten hinreichend groß sein, damit die nächste Schicht des Oberbaues noch auf die äußeren Steine dieser Schicht zu liegen kommt.

Für die Fundamentmauern soll man hydraulischen Mörtel verwenden, und der Oberbau sollte nicht eher begonnen werden, bis der Mörtel angefangen hat, durch das ganze Fundament zu erhärten.

Elemente eines Baues aus Mauerwerk. Man kann diese je nach dem Drucke, den sie zu tragen haben, in verschiedene Klassen eintheilen; ihre Form und ihre Dimensionen hängen von dem zu leistenden Widerstande ab.

1) Solche, die nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben und keinen Seitendruck erleiden, wie Umfassungsmauern.

2) Solche, die neben ihrem eigenen Gewichte noch einen verticalen Druck erleiden, wie die Mauern der Häuser, Pfeiler, Säulen.

3) Solche, die einen Seitendruck zu widerstehen haben, welcher von dem Schub eines Zimmerwerkes, eines Bogens, von Erde oder Wasser herrührt.

4) Solche, die einen Verticaldruck durch ihre relative Festigkeit zu tragen haben, wie die Stürze der Thüren und Fenster.

5) Solche, welche den auf ihnen lastenden Druck seitwärts tragen, wie die Gewölbe.

Umfassungsmauern. Diese können von Backsteinen, Bruchsteinen oder als Trockenmauer aufgeführt werden.

Backsteinmauern werden gewöhnlich mit beiden Außenseiten vertical aufgeführt; ihre Dicke kann nicht geringer sein, als die eines Backsteines. Eine Mauer aus $1\frac{1}{2}$ Backsteinen in der Dicke ist für die Länge recht, wenn die Höhe nicht über 4^m 5 bis 6 Meter beträgt.

Bruchsteinmauern sollten nie unter 0^m 45 dick aufgeführt werden, wenn beide Seiten vertical sind. Rondelet stellt in seinem Werke l'Art de bâtir die Regel auf, daß die mittlere Dicke einer hohen Mauer aus Backsteinen oder aus Bruchsteinen $\frac{1}{16}$ ihrer Höhe sein sollte.

Trockenmauern (Mauern, ohne Mörtel aus losen Steinen zusammengesetzt) sollten nie unter 0^m 6 dick werden. Bei einer Höhe, die 3^m 6 überschreitet, sollte ihre mittlere Dicke $\frac{1}{6}$ der Höhe sein.

Bruchsteinmauern erhalten gewöhnlich etwas Anzug. Dieser sollte bei einer Mauer mit Mörtel nicht über eins Basis auf sechs Höhe betragen, damit der

Regen rasch abfließen könne und die Mauer nicht zu sehr durch das Keimen von Samen, die in den Fugen liegen geblieben sind, angegriffen werde.

Dieser Anzug der Mauer wird entweder gleichmäßig vertheilt von oben bis unten, oder man baut die Mauer in Absätzen. In jedem Falle darf die Dicke der Mauer am obern Ende nicht unter 0^m2 bis 0^m 3 betragen.

Ist die mittlere Dicke einer Mauer und ihre Dicke am obern Ende bestimmt, so findet man die untere Dicke, wenn man die obere von der doppelten mittlern Dicke abzieht.

Die mittlere Dicke einer langen Mauer kann man vortheilhaft durch Aufrichtung von Strebepfeilern auf jeder Seite und in gleichen Entfernungen vermindern. Dieses sind Vorsprünge von Mauerwerk, welche auf eine kurze Strecke die Mauer bekleiden und in zweckmäßigem Verband mit dieser stehen; die horizontalen Querschnitte der Strebepfeiler sind Rechtecke; ihre Höhe ist dieselbe wie die der Mauer.

Bei Bruchsteinen werden die Strebepfeiler gerne aus gerichteten Steinen und selbst aus Hausteinen erbaut. Zu diesen Mitteln, den Mauern Stärke zu geben, kann man noch Bänke von Quadersteinen in verschiedenen Tiefen durch diese gehen lassen.

Verticale Träger. Diese sind je nach den Umständen Mauern, Säulen oder Pfeiler. Ihr Querschnitt hängt von dem Gewichte ab, das sie zu tragen haben. Wenn, wie bei Gebäuden, die Resultante der verschiedenen Pressungen, welchen die Mauer zu widerstehen hat, nicht vertical ist, so muß sie die Grundfläche der Mauer nicht so nahe an der äußern Kante durchschneiden, daß der Stein der untersten Schicht dem Zerdrücken ausgesetzt ist.

Bei breiten, eingeschlossenen, bedeckten Räumen kann man die Dimensionen der Mauern wie bei den

Umfassungsmauern bestimmen, wobei man nur die so erhaltenen Dicken im Verhältnisse zu der tragenden Last vermehrt. Quermauern zwischen den äußeren Mauern können als Strebepfeiler für diese betrachtet werden.

Der Grund zwischen den Fundamentmauern muß zuweilen mit Mauerwerk ausgefüllt werden; hat dieses einen Druck nach oben auszuhalten, wie bei Kellerböden von höher stehendem Wasser, so muß die Dicke dieses Mauerwerkes und seine Anordnung hierzu richtig gewählt werden. Bei größerem Drucke wird man ein umgekehrtes Gewölbe anwenden müssen.

Stützmauern, Futtermauern. — So nennt man Mauern, welche dem Seitendrucke von Erde oder Wasser zu widerstehen haben.

Stützmauern können über die oberste Schicht des Fundamentes abgleiten, oder sich in irgend einer der horizontalen Fugen trennen, und abgleiten, oder endlich um die äußere Kante einer der Fugen umgeworfen werden.

Die Bestimmung der Form und der Dimensionen der Stützmauern ist eine schwierige Aufgabe, und die mathematischen Auflösungen derselben sind auf besondere Fälle beschränkt, für welche man annähernde Resultate erhalten hat; diese liefern übrigens für die Anwendung hinreichende Genauigkeit innerhalb der Grenzen, für welche die Auflösungen passen. Unter der Menge von Lösungen, welche man für diese Aufgabe gegeben hat, gewähren die von Poncelet einen solchen Grad von Vollständigkeit und Zuverlässigkeit, daß sie das volle Zutrauen der Praktiker in Anspruch nehmen dürfen.

Die folgende Formel, welche dem erwähnten Aufsatze entnommen ist, bezieht sich auf die Drehung der Stützmauer:

Ist **H** die Höhe **BC** einer verticalen Stützmauer von gleicher Dicke.
h die mittlere Höhe **CG** des von der Stützmauer getragenen Erddammes,
c die Berne **DJ** oder der Vorsprung der Mauer vor dem Erddamme,
a der Winkel zwischen der natürlichen Böschungsfläche **BN** der Erde und der Verticalen **BG**,
f = cotg. a der Reibungscoefficient der Erde,
w das Gewicht von einem Kubikmeter Erde,
w' das Gewicht von einem Kubikmeter Mauerwerk,
b die Breite der Mauer,

so ist

$$b = 0{,}74 \operatorname{tang} \tfrac{1}{2} a \sqrt{\tfrac{w}{w}} (h + 1{,}126 H) + 0{,}0488 h - \\ - 0{,}36 \operatorname{cotg} a \left(\tfrac{n}{H} = 0{,}6 \tfrac{w}{w}\right) \left(\tfrac{h}{H} - 0{,}25\right)$$

Fig. 43 stellt den Durchschnitt einer verticalen Stützmauer dar. **P** Durchschnitt der gehaltenen Erde.

Diese Formel giebt die Dicke einer Stützmauer mit hinreichender Genauigkeit, wenn folgende Verhältnisse Statt finden. Es muß

c zwischen 0 und $\frac{1}{5}$ **H** liegen;
f zwischen 0,6 und 1,4 oder **a** zwischen 70° und 35°; den ersten Winkel giebt feiner trockener Sand, den letzten schwere fette Erde;
w zwischen **w'** und $\frac{3}{5}$ **w'**.

Innerhalb dieser Grenzen beruht die Formel auf der Annahme, daß der Ueberschuß der Stabilität dieser Mauern über das genaue Gleichgewicht durch 0,912 vorgestellt sein soll, oder daß das Moment des Druckes gegen die Mauer 0,912 mal größer genommen wurde, als dasselbe wirklich ist. Dieser Ueberschuß an Stabilität findet sich an den Stütz-

mauern, welche Vauban bei seiner Fortification anlegte und welche nun über Jahrhundert lang stehen.

Man findet die Resultate dieser Formel in einer Tabelle berechnet, unter Andern in dem „Vademecum für den praktischen Ingenieur und Baumeister von Breymann u. A.," Stuttgart bei J. B. Müller 1849.

Für die Grenzen $h = o$ und $h = H$ giebt die folgende einfachere Formel für die Praxis hinreichend genaue Resultate:

$$b = 0{,}845 \left(H + h \right) \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} a \sqrt{\frac{w}{w'}},$$

oder für gewöhnliches Mauerwerk noch einfacher:

$$b = 0{,}285 \left(H + h \right).$$

Ist nach der vorstehenden Nummer die Dicke einer verticalen Mauer bestimmt, so findet man die Dicke einer andern, welche gleiche Stabilität giebt, aber eine geneigte Fronte und eine verticale Rückseite hat, welches die gewöhnliche Form der Stützmauern ist, nach folgender Formel:

$$b' = b + \tfrac{1}{11} nH,$$

worin

b' die Dicke der Mauer an der Grundfläche,

$n = \frac{Ad}{Dd}$ das Verhältniß der Grundlinie der Neigung zur Höhe ist.

Fig. 44 zeigt eine Stützmauer mit geneigter Außenseite Trockenmauern erhalten etwa $\frac{3}{4}$ dieser Dicke.

In der angeführten Abhandlung zeigt Poncelet, daß ein Abgleiten an der Grundfläche oder in einer horizontalen Fuge nicht zu befürchten sei, sobald man die Dicke der Mauer nach der vorstehenden Formel berechne und h nicht größer als 4 H werde; beson-

ders dann, wenn man die Mauer sich ordentlich setzen lasse, ehe man die Hinterfüllung vornimmt.

Querschnitt der Stützmauern. Man hat den Stützmauern die mannichfaltigsten Querschnitte gegeben. Der gewöhnlichste ist das Paralleltrapez mit verticaler Rückseite und schiefer Vorderseite, deren Neigung von 1 Basis auf 6 Höhe bis zu 1 Basis auf 24 Höhe sich änderte. Die erste Grenze ist, wie schon gesagt, wegen des Einflusses der Witterung genommen; die letzte nähert sich beinahe der verticalen Lage.

Der vortheilhafteste Querschnitt ist in Bezug auf die Masse des erforderlichen Mauerwerkes ein geneigtes Paralleltrapez, wobei man aber der Hinterfläche höchstens eine $\frac{1}{6}$füßige Böschung (1 Basis auf 6 Höhe) geben darf. Die Verticale vom Schwerpunkte des Querschnittes muß dabei noch weit genug innerhalb die Grundlinie desselben fallen, um sicher sein zu können, daß die innere Kante der Stützmauer nicht abgedrückt werde.

Für Ufermauern hat man in England auch gekrümmte Außenflächen angewendet; sie gewähren keine Vortheile in Bezug auf Festigkeit und erfordern eine besondere Sorgfalt in der Herstellung.

Fig. 45 zeigt den Querschnitt einer geneigten Stützmauer. Fig. 46 zeigt den Querschnitt **A** einer Stützmauer mit krummen Flächen, und die Ansicht **B** der Strebepfeiler. **C** Wasser. **D** Erde hinter der Mauer.

Mittel, die Stärke der Stützmauern zu erhöhen. Diese bestehen in der Erbauung von Strebepfeilern, von Stützbögen und in der Art, den Erdwall zu bauen.

Strebepfeiler unterstützen eine Mauer auf verschiedene Weise. Sie theilen die ganze Mauerlänge in kürzere Stücke und verhüten so, daß die Mauer

in der Mitte auswärts gleite und bauchig werde; sie nehmen den Erddruck weiter hinten auf und geben also weniger Veranlassung zum Umwerfen der Mauer; die Seiten der Streben dienen der Erde zwischen denselben als Widerlager, und Sand und ähnlicher Grund steht gewölbartig zwischen denselben und hebt den Druck auf den untern theilweise auf, vermindert also den Druck gegen die Mauer.

Der horizontale Querschnitt eines Strebepfeilers kann rechtwinklich oder trapezförmig sein. Gegen die Rückseite der Mauer bietet die rechteckige Form größere Stabilität und ist wohlfeiler; die Trapezform giebt eine breitere und deßhalb stärkere Verbindung zwischen der Mauer und dem Pfeiler, und ist deßhalb da zu beachten, wo wegen der Art der gebrauchten Materialien die Festigkeit hauptsächlich auf dem Verband durch den gebrauchten Mörtel beruht.

Strebepfeiler sind besonders bei den Stützmauern der Festungswerke häufig gebraucht worden. Bei der Feststellung ihrer Formen und Größen hat man besonders die Praxis von Vauban befolgt, welcher die Trapezform nahm und die Höhe **e f** des Trapezes gleich $\frac{2}{10}$ der Höhe der Stützmauer mehr $0^m 6$ setzt, die Grundfläche **a b** gleich $\frac{1}{10}$ der Höhe mehr $0^m 6$ und die Seite **c d** gleich $\frac{2}{3}$ der Grundfläche machte. Die Pfeiler stellt er $4^m 5$ bis $5^m 5$ von Mittel zu Mittel, je nach der erforderlichen Stärke, auseinander.

Stützbögen halten den Erddruck theilweise von der Mauer ab. Sie bestehen aus einer oder mehren Reihen Bögen, gewöhnlich aus Backsteinen, welche zwischen den Strebepfeilern erbaut sind und sich gegen diese als Widerlager stützen.

Fig. 47 zeigt einen Verticalschnitt **A** der Stützmauer; **B** der Strebe und einen Grundriß; **D** der Stützmauer und **E** des Strebepfeilers.

Hierbei stellt man die Streben wie gewöhnlich, ungefähr 5 Meter auseinander; ihre Länge soll so bestimmt werden, daß die Erde, welche unter den Bogen nach ihrer natürlichen Böschung fällt, die Rückseite der Mauer nicht mehr erreicht. Die Dicke der Gewölbe, wie die der Streben, hängt von dem Gewichte ab, das die Bögen zu tragen haben. Die Dimensionen der Mauer werden nach dem verminderten Drucke, den die Bögen gegen sie ausüben, bemessen, und nach der Lage des Punktes, in welchem dieser Druck Statt findet.

Fig. 48 zeigt einen Durchschnitt M und einen Aufriß N einer Mauer mit drei Reihen Stützbögen. **A** Durchschnitt der Mauer. **c c c** Durchschnitt der Bögen durch ihre Scheitel. **d d** Aufriß der Strebepfeiler. **e e** Aufriß der Stützbogen.

Ist es nothwendig, die Erde aufzufüllen, ehe der Mörtel der Stützmauern hinreichend erhärtet ist, so wendet man verschiedene Mittel an, die Mauer gegen den Erddruck zu sichern. Die Auffüllung zunächst an der Mauer kann mit einer dichten, bindenden Erde gemacht werden, welche in Schichten, welche von der Rückseite der Stützmauer abwärts geneigt sind, aufgestampft werden; oder mit einem steifen Mörtel aus Thon oder Sand mit etwa $\frac{1}{20}$ Kalk. Anstatt die Erde unmittelbar mit der Mauer in Berührung zu bringen, kann man Steine oder Faschinen in einer passenden Dicke hinter die Mauer bringen.

Die Vorsicht, den Mörtel gehörig erhärten zu lassen, ehe man mit dem Erdauffüllen beginnt, sollte niemals außer Acht gelassen werden, wenn es nicht durchaus nothwendig ist, und dann muß man dem Verbande der Steine in der Mauer besondere Sorge zuwenden.

Mauern, welche den Druck von Wasser auszuhalten haben, werden in Form und Dimension eben-

so festgestellt, wie die Stützmauern für Erde. Die Berechnung ist hier viel einfacher; die Tragkraft des Wassers muß dabei beachtet werden. Poncelet giebt die Formel

$$b = 0{,}865\ (H - h)\ \sqrt{\frac{1000}{w}}$$

zur Berechnung der Dicke einer verticalen Stützmauer.

b ist die Dicke der Mauer,
H die Höhe derselben,
h die Tiefe des Wasserspiegels unter dem obern Ende der Mauer,
w das Gewicht von einem Kubikmeter Mauer.

Für Mauern mit geneigter Vorderfläche berechnet man hieraus die Grunddicke.

Mauern, welche der Nässe ausgesetzt sind, sollten in hydraulischen Mörtel gelegt werden. Man hat die Anwendung von dünnem Mörtel bei schweren Bruchsteinmauern versucht, aber mit entschiedenem Nachtheile. Bei dem aufeinanderfolgenden Eintauchen in Wasser wurde der Kalk aufgelöst und es blieb ein trockner, loser Mörtel. Werden die Steine in steifen Mörtel gelegt, so kann ein Uebergießen mit dünnem Mörtel zur Ausfüllung etwaiger Höhlungen von Nutzen sein.

Häufig hat man Beton zur Ausfüllung des Innern zwischen der Vorder- und Rückseite einer wasserdichten Mauer verwendet; es bietet dieses keinen Vortheil gegen Mauern aus Steinen, die gut in hydraulischen Mörtel gelegt sind, und verursacht leicht ein ungleiches Setzen der Mauer, wenn man nicht große Sorgfalt anwendet.

Wird ein Gewicht, das von einer Mauer oder Erde anderswoher rührt, durch zwei oder mehre einzelnstehende Stützen getragen, so kann die Last zwischen zwei solchen Stützen durch einen einzelnen

Stein getragen werden, welcher dann Sturz heißt, oder durch eine Verbindung von Steinen zu einem Bogen, Gewölbe.

Sturz. Bei dem geringen Widerstande, den Steine einem Seitendrucke oder einem Stoße entgegensetzen, kann man Stürze von gewöhnlichen Dimensionen nicht mehr allein mit Sicherheit anwenden, wenn die Spannweite über zwei Meter beträgt. Für größere Spannweiten wird schwacher Backsteinbogen über den Sturz geführt und er so gegen den Druck des oberhalb liegenden Mauerwerkes geführt.

Scheitrechtes Gewölbe, Binde. Dieses ist eine gewölbartige Verbindung von keilförmigen Steinen, bei welchen die innere Wölbungslinie eine gerade ist. Die keilförmigen Steine tragen den Druck seitwärts gegen Widerlager fort.

Fig. 49 zeigt den Durchschnitt eines scheitrechten Gewölbes, worin man sieht, wie die Gewölbsteine geschnitten und durch eiserne Klammern verbunden sind. **a b** eisernes Band, das die Bolzen **c d**, welche in den Pfeilern liegen, umfaßt.

Scheitrechte Gewölbe sollte man nur für kleine Spannweiten gebrauchen, da die obern Kanten der Gewölbsteine bei den scharfen Winkeln sehr leicht ausplittern. Beträgt die Spannweite 3 Meter oder mehr, so bringt man über denselben einen Bogen von Backsteinen an. Um den scheitrechten Gewölben mehr Festigkeit zu geben, werden oft die Lagerfugen gebrochen und die Steine mit eisernen Klammern zusammengehalten. Können die Pfeiler nicht stark genug gemacht werden, so hält man das Gewölbe durch eine zweckmäßige Verankerung durch eiserne Bänder zusammen.

Bögen, Gewölbe. Die innere Begrenzungslinie heißt die innere, die äußere Begrenzungslinie die äußere Wölblinie. In der Regel stehen

die Lagerfugen der einzelnen Gewölbsteine auf der inneren Wölblinie rechtwinklig.

Fig. 50 zeigt einen Aufriß **M** eines geraden halbkreisförmigen Gewölbes, und einen Schnitt **N** durch den Scheitel des Gewölbes. **a b** Spannweite des Gewölbes. **d c** Pfeil des Gewölbes, die Wölbungshöhe. **a c b** innere Wölblinie. **e, e** Wölbsteine, die Häupter des Gewölbes, welche die Stirnfläche des Gewölbes bilden. **f** der Schlußstein. **g** Kämpfer. **m n** der Scheitel des Gewölbes.

Die äußersten Steine des Gewölbes, die Anfänger, ruhen auf Trägern, den Widerlagern, welche sowohl das Gewicht des Gewölbes und dessen, was darauf liegt, zu tragen haben, als dem Seitenschub des Gewölbes Widerstand leisten müssen.

Bei einer Reihe nebeneinander liegender Gewölbe nennt man nur die äußersten Stützen Widerlager, die Stützen zwischen den Bögen nennt man Pfeiler; sie haben nur das Gewicht des Gewölbes zu tragen, wenn die Bögen, die sich auf den Pfeiler stützen, gleich sind, da sich in diesem Falle die Seitenpressungen von beiden Seiten her gegenseitig aufheben.

Die Gewölbe werden nach der Form der Wölbungsfläche eingetheilt. Ist diese eine cylindrische, so heißt das Gewölbe ein Tonnengewölbe; ist die Wölbfläche eine Rotationsfläche, so heißt dasselbe ein Kuppelgewölbe. Durchschneiden sich zwei Tonnengewölbe, so entsteht, jenachdem man den äußern oder den innern Theil der sich schneidenden Cylinder stehen läßt, ein Kreuzgewölbe oder ein Klostergewölbe. Liegen bei einem Tonnengewölbe die Scheitel aller Wölblinien in einer geraden Linie, so heißt dasselbe gerad, und ist je nach der Lage jener Linie entweder wagerecht, oder hängend, oder steigend.

Tonnengewölbe. Dieß ist das am häufigsten gebrauchte Gewölbe. Je nach der Form des Schnittes der innern Wölbung durch eine auf die Achse rechtwinkelige Ebene, nennt man das Gewölbe einen Halbkreisbogen, auch einen vollen Bogen, einen Segmentbogen, einen elliptischen Bogen; ist diese Linie eine Zusammensetzung von mehren sich gegenseitig berührenden Kreisbögen, welche einer halben Ellipse sich mehr oder weniger nähert, so heißt diese ein gedrückter Bogen, eine Korblinie von 3, 5 ꝛc. Mittelpuncten. Schneiden sie dagegen die Bögen im Scheitel, so entsteht ein Spitzbogen.

Fig. 51 zeigt eine Korblinie mit 3 Mittelpuncten, die Bögen messen 60 Grad. **B D** Spannweite, **A C** Pfeilhöhe, **P O R** Mittelpunct der Bögen.

Fig. 52 zeigt die Hälfte eines Spitzbogens mit 4 Mittelpuncten. **a b** halbe Spannweite, **b c** Wölbungshöhe, **m** und **n** die Mittelpuncte des halben Bogens.

Fig. 53 zeigt die Hälfte eines stumpfen Bogens mit 4 Mittelpuncten. **a b** halbe Spannweite, **b c** Wölbungshöhe, **m** und **n** Mittelpuncte der halben Curve.

Schief heißt das Tonnengewölbe, wenn die Stirnflächen, das sind die beiden Ebenen, durch welche die Cylinderfläche abgeschnitten ist, nicht rechtwinkelig auf der Achse dieser Fläche stehen.

Die Wahl einer dieser Formen hängt von dem Zwecke, den der Bogen erfüllen soll, der Oertlichkeit und dem architectonischen Style ab, in welchem man baut. Ist die Wölbungshöhe kleiner, als die halbe Spannweite, so ist der Bogen schwächer, als der Halbkreis, oder ein Bogen, dessen Pfeilhöhe größer ist, als die halbe Spannweite.

Die Methode, die verschiedenen Curven zu beschreiben, welche man als Wölbungslinie gebraucht,

lehrt die Geometrie. Für die Korblinien findet man Vorschriften in dem „Vademecum für den practischen Ingenieur", Stuttgart bei J. B. Müller, 1849.

Bei der Anordnung der Fugen und des Verbandes der Gewölbsteine befolgt man dieselben Grundsätze, welche für das Mauerwerk aus gehauenen Steinen überhaupt gelten. Die Fugenschnitte sollen rechtwinkelig auf die innere Wölbfläche, und die sich durchkreuzenden rechtwinkelig unter sich sein. Bei irgend einer Form der Wölbungsfläche bestimmt man die Linien der größten und der kleinsten Krümmungen und schneidet nach diesen rechtwinkelig auf die Wölbungsfläche des Gewölbes die einzelne Gewölbsteine. Bei einem Tonnengewölbe ist die Linie der kleinsten Krümmung die gerade, die Linie der größten Krümmung der Hauptschnitt der Wölbfläche eine Linie, deren Ebene rechtwinkelig auf der Achse des Cylinders steht. Diese Ebene giebt die eine Fuge, und eine Ebene durch die Seite des Cylinders die andere, auf jener rechtwinkelige.

Bei kreisförmigen Gewölben werden die Gewölbsteine in der Regel gleich dick gemacht. Die Fugen parallel mit der Achse läßt man von einer Stirnfläche zur andern durchgehen; sie sind die Lagerfugen. Die Stoßfugen, welche rechtwinkelig auf der Achse stehen, läßt man abwechseln von einer Schichte zur andern.

Bei andern Formen der Wölblinie lassen sich gleich dicke Gewölbsteine gewöhnlich nicht anwenden. Die Anordnung bleibt aber außer diesem dieselbe.

Ist bei schiefen Tonnengewölben die Neigung der Achse gegen die Stirnfläche nur wenig von einem rechten Winkel verschieden, so läßt man den Fugenschnitt unverändert; wo aber die Stirnflächen gegen die Achse stark geneigt sind, würde bei dieser Construction der Druck des Gewölbes die Widerlager

nicht mehr treffen. Um diesem Uebelstande zu entgehen, hat man andere Fugenschnitte angewendet, welche den ganzen Druck des Gewölbes auf die Widerlager übertragen sollen.

In England ist sehr häufig die Methode befolgt worden, die Lagerfugen nach Spirallinien auf der innern Wölbung zu formen.

Die Spiralen auf der innern Wölbung für die Stoßfugen werden parallel mit der genommen, welche die äußersten Puncte der Wölblinie an der Stirnfläche verbindet; die Spiralen für die Lagerfugen werden rechtwinkelig darauf gezogen. Die Flächen der Fugen sind rechtwinkelig auf der innern Wölbung, Schraubenfläche. Diese Methode verbessert nur bis zu einem gewissen Grade die Schwäche des Verbandes zunächst der Stirnflächen und giebt dabei den Lagerfugen bei den Enden der Widerlager, wo diese einen spitzen Winkel bilden, ein starkes Einfallen, also einen schwachen Punct. Es giebt aber diese Methode den wichtigen Vortheil, daß man die Enden der einzelnen Schichten an der innern Wölbung als gleich dick nehmen kann, was sie für Backsteine ebenso geschickt wie für gehauene Steine macht. Um die Lagerfugen mit den Eintheilungen auf den Stirnflächen genau zusammenhalten zu machen, kann es manchmal nothwendig werden, die Spiralen der Lagerfugen etwas zu verschieben. Die Anfänger des Gewölbes oder die Krämpfer der Widerlager müssen sich einerseits an die Fugen des Gewölbes, andererseits an die horizontalen Schichten der Widerlager anschließen.

Fig. 54 stellt einen Aufriß der Stirnfläche **A** und eines Theils der innern Wölbung **B** eines schiefen Tonnengewölbes mit Spiralfugen dar.

a gehauene Gewölbsteine. **c, c** Anfänger des Gewölbes, die so gehauen sind, daß sie die Schich-

ten aus Backsteinen aufnehmen. **C** und **D** die beiden Seiten der Widerlager.

Die französischen Ingenieure lassen die Stoßfugen eben und parallel mit den Stirnflächen des Gewölbes und legen die Kanten der Lagerfugen und der innern Wölbung rechtwinkelig auf die Kanten der Stoßfugen. Die Lagerfugen werden rechtwinkelig auf die Wölbfläche gestellt. Bei dieser Methode sind mehre Fehler der ersten Methode vermieden, aber sie hat den Nachtheil, daß die Steine an der Wölbfläche ungleiche Dicke erhalten, was bei Backsteingewölben nicht angeht. Auch sind die krummen Linien der Lagerfugen leichter zu construiren, als bei der ersten Methode.

Fig. 55 zeigt einen Aufriß eines schiefen Tonnengewölbes, bei denen die Stoßfugen parallel mit der Stirne des Gewölbes und die Lagerfugen die Stoßfugen auf der Gewölbfläche in rechten Winkeln durchschneiden.

Kreuz- und Klostergewölbe werden durch den Durchschnitt zweier oder mehrer Tonnengewölbe gebildet. Die Spannweite dieser Gewölbe kann verschieden sein, die Wölbungshöhe ist aber gleich bei allen. Die Achsen der Cylinder liegen in einer Ebene, können aber beliebige Winkel miteinander bilden.

Das Kreuzgewölbe wird erhalten, wenn man von den sich durchdringenden Cylindern die innern Theile wegnimmt. Die Durchschnittslinien bilden vorspringende Kanten.

Fig. 56. Grundriß und rechtwinkeliger Aufriß **M** und **N** eines Kreuzgewölbes und der dasselbe bildende Cylinder; **a, a** Pfeiler des Gewölbes; **b, c** die Kreuzlinien; **o m, m n** Lagerfugen; **A** Schlußstein des Kreuzgewölbes; **B, B** Kreuzsteine, welche beiden Tonnengewölben angehören.

Das Klostergewölbe wird gebildet, wenn man die Theile der sich durchdringenden Cylinder entfernt, welche außerhalb des gemeinschaftlichen Stückes liegen.

Fig. 57 zeigt einen Durchschnitt **M** eines Klostergewölbes und einen Grundriß **A** dieses Gewölbes. **A, A** Gewölbsteine; **m, n** Lagerfugen; **O, O** Stoßfugen; **B, B** Widerlager; **a, c, b** Durchkreuzungslinie; **e, e** Winkelsteine.

Die Fugen in den beiden zusammenstoßenden Tonnengewölben werden ebenso geschnitten, wie dieß bei dem für sich Bestehen beider Gewölbe der Fall wäre. Die Kanten, in welchen sich beide Gewölbe treffen, bringt man auf Steine, welche in beide Gewölbe zugleich eingreifen, um so einen bessern Verband derselben zu erhalten.

Conische Bögen werden selten angewendet. Die Steine werden nach denselben Grundsätzen geschnitten; die einen Fugen eben nach den Seiten des Kegels und rechtwinkelig auf die Wölbfläche; die anderen conisch, ebenfalls rechtwinkelig auf die Wölbfläche.

Sind die Spannweiten an beiden Enden eines Bogens ungleich, aber die Wölbungshöhe dieselbe, so wird die Wölbfläche eine conoidische. Die beiden Endcurven können von beliebiger Art sein, meistens aber sind sie Ellipsen; die Wölbfläche wird gebildet, indem man eine gerade Linie parallel zu der Ebene der Spannweiten längs dieser Linien fortgleiten läßt.

Die conoidischen Bögen gehören zu den windschiefen Bögen.

Bei den conoidischen Bögen läßt man die Stoßfugen in Ebenen liegen, welche die Achse rechtwinkelig durchschneiden. Die Lagerfugen werden ebenso nach Ebenen gebildet, welche man so legt, daß die Fuge jedes Steins rechtwinkelig auf der conischen Fläche in der Mitte der Kante steht. Dabei bilden

dann aber die Lagerfugen keine durch das ganze Gewölbe fortgehende Fläche; um das zu erhalten, müßte man die Fugen nach windschiefen Flächen formen, welche bei ihrer Ausführung mehr Schwierigkeit darbieten und keine entsprechenden Vortheile gegen die oben erwähnte Methode gewähren.

Eine ringförmige Wölbung entsteht, wenn man eine Wölbungslinie um eine außerhalb derselben zum Pfeile des Bogens parallele Achse dreht. Eine Reihe Fugen sind conische Flächen, deren Spitzen in dieser Achse (a) liegen; die Stoßfugen sind Ebenen, welche durch diese Achse gehen.

Fig. 58 M ist ein Grundriß und N ein Aufriß eines ringförmigen Gewölbes. a ist die verticale Achse, um welche der Bogen N gedreht ist.

Die Wölbfläche einer Kuppel ist gewöhnlich durch die Drehung eines Quadranten einer der gewöhnlichen Wölblinien um den Pfeil derselben erzeugt; oder aber durch die Drehung derselben Curve um die Spannweite. Im ersten Falle ist die Anfangslinie der Kuppel ein Kreis, im zweiten die erzeugende Linie selbst. Der Anfang des Gewölbes kann auch ein regelmäßiges Vieleck sein, wo dann das Gewölbe ein vielseitiges Klostergewölbe wird. Die Fugen und der Verband werden auf gleiche Weise bestimmt, wie bei den andern Gewölben.

Fig. 59 stellt den Verticaldurchschnitt und den Grundriß einer achteckigen Klosterkuppel vor.

Die Gewölbsteine, welche bei gewöhnlichen Tonnengewölben die Stirne bilden, werden meistens durch ebene Flächen oben und an den Seiten begrenzt, um sie an die horizontalen Schichten der Stirnflächen, welche auf jeder Seite hinter dem Bogen liegen, anzuschließen. Dieses Anschließen kann in mancherlei Art geschehen. Die zwei Puncte, welche man im Auge behalten muß, sind ein guter Verband der

Wölbsteine und der horizontalen Schichten, und dann ein gefälliges Ansehen, wohin namentlich die Symmetrie auf beiden Seiten des Bogens gehört. Die Länge, welche man des Verbandes wegen den Anfangsteinen des Gewölbes geben muß, verursachen oft bei gedrückten Bögen eine geringere Dicke dieser Steine.

Fig. 60 zeigt eine Art, die Gewölbsteine mit den horizontalen Schichten bei einem elliptischen Bogen zu verbinden. o, o sind Beispiele von Steinen mit gebrochenen Lagerfugen, Hacken.

Fig. 61 zeigt eine Methode, wie bei flachen Kreissegmenten die Gewölbsteine an die horizontalen Schichten angeschlossen werden.

Bei kleinen Bögen schneidet man die Steine nahe am Anfange des Gewölbes oft so, daß sie durch ein Knie zugleich in die horizontalen Schichten eingreifen, wie in Fig. 60. Diese Anordnung ist verwerflich: einmal, weil sie eine Verschwendung von Material mit sich bringt, und dann, weil diese Steine, wenn das Gewölbe sich setzt, dem Zerbrechen ausgesetzt sind.

Die Formen und Dimensionen der Gewölbsteine sollten dort, wo die Wichtigkeit des Bogens oder eine besonders verwickelte Form dieß verlangt, nicht nur durch geometrische Constructionen, sondern auch durch Rechnung festgestellt werden.

Die geometrische Zeichnung muß in einem hinreichend großen Maßstabe angelegt werden, um die Theile mit Genauigkeit zu bestimmen, und nach dieser Zeichnung werden dann die Lehren für den Steinhauer in natürlicher Größe gezeichnet. Um diese Lehren zu construiren, wird zuerst ein fester Reißboden, oder eine verticale Wand mit dünnem Mörtel und darüber mit Gyps verkleidet. Die Risse werden auf diese Oberfläche in der gewöhnlichen Weise auf-

getragen, indem man die Wölblinie entweder mit Hülfe der Abscissen und berechneten Ordinaten aufträgt, oder dieselbe aus Kreisbögen zusammensetzt, wenn deren Mittelpuncte noch auf den Reißboden fallen. Diese Mittelpuncte werden dabei nach ihrer berechneten Lage aufgetragen. Um die Normalen auf die Wölblinie zu ziehen, wenn man die Mittelpuncte der Bogen nicht hat, reicht es gewöhnlich hin, auf jeder Seite des Fußpunctes der Normalen einen Bogen ungefähr von 1 Fuß zu Länge nehmen, die äußersten Endpuncte durch eine Sehne zu verbinden, und auf diese Sehne die Normale rechtwinkelig zu stellen.

Gewölbe bauet man aus gehauenen Steinen, aus Bruch- und aus Backsteinen.

Bei großen Spannweiten, besonders bei elliptischen und gedrückten Bögen, sollte man nur gehauene Steine anwenden, und dabei die Fugen mit äußerster Genauigkeit bearbeiten. Da die Gewölbsteine bis zur Vollendung des Bogens durch ein Gerüst von Holz, das Lehrgerüst, getragen werden, und dieses bei der allmählig erfolgenden Belastung mit den Gewölbsteinen sich setzt, weil das Material elastisch ist und die Fugen nachgeben, so nimmt man hierauf zuweilen Rücksicht, indem man die Steine falsch schneidet, d. h. nicht rechtwinkelig auf den Bogen des Lehrgerüstes, sondern rechtwinkelig auf die Wölblinie, welche man durch das Setzen des Lehrgerüstes erhält. Man bezweckt so einen vollkommenen Verband des fertigen Bogens, um einem Zerbrechen der Steine durch ungleichen Druck vorzubeugen. Diese Aufgabe hat sehr viele Schwierigkeiten, welche kaum sicher zu überwinden sind, und es ist deßhalb besser, die Fugen wahr zu schneiden und gegen das Setzen und seine Wirkungen den Bogen durch sehr starke Lehrgerüste zu schützen und in die Fugen zwischen die Gewölbsteine, welche an der Be-

wegung des Bogens besonders Theil nehmen, Bleiplatten zu legen, welche sich den Fugen anlegen und jedem Drucke nachgeben.

Das Versetzen der Gewölbsteine erfordert viele Sorgfalt, besonders bei denen, welche die Stirnflächen bilden. Die Lagen der inneren Kanten der Gewölbsteine werden nach fixen Linien, die auf den Widerlagern gezogen werden, oder nach andern unbeweglichen Puncten, und den berechneten Entfernungen der Kanten von diesen bestimmt. Diese Distanzen kann man leicht mit Hülfe der Setzwaage und des Bleilothes auftragen; der Winkel jeder Fuge wird mit einem Quadranten und dem Bleilothe festgestellt.

Bruchsteine werden nur zu sehr kleinen Bögen verwendet, die nur wenig zu tragen haben, oder als Füllung in ein Netz von Lagerschichten und Bogenschichten bei weiten Bögen, die nur ihr eigenes Gewicht zu tragen haben. In jedem Falle müssen die Bruchsteine mit dem Hammer gerichtet und in ein Lager von gutem hydraulischem Kalke gelegt werden.

Backsteine werden allein oder in Verbindung mit gehauenen Steinen zu Bögen von bedeutender Größe verwendet.

Ueberschreitet die Dicke eines Bogens einen und einen halben Backstein, so bietet der Verband von Innen nach Außen einige Schwierigkeiten. Werden die Backsteine in concentrische Lagen oder Schalen gelegt, so bilden sich durchgehende Fugen parallel mit der innern Wölbfläche, und in dieser trennt sich wahrscheinlich der Bogen, wenn er sich setzt. Werden die Backsteine wie die gewöhnlichen Lagerschichten gelegt, so daß sie durchgehende Fugen von der innern Wölbung zur äußern bilden, so werden diese Fugen wegen der Form der Backsteine an der äußern Wölbung

auseinander stehen und so das Gewölbe wenig Festigkeit darbieten.

Fig. 62 zeigt die äußere Ansicht **M** eines Bogens, welcher aus Backsteinen in Schalen **A** und **B** und Blöcken **C** gebaut ist. **N** zeigt die Art, wie die Backsteine angeordnet werden, welche den Schluß des Bogens bilden.

Um beiden Uebelständen möglichst zu begegnen, verbindet man beide Constructionen, indem man stückweise in Schalen bauet und diese durch Gewölbstücke nach der zweiten Construction unterbricht. Den Schluß des Gewölbes legt man mit durchgehenden Lagerfugen an, und läßt den so gebildeten Keil für jede Schicht aufwärts um zwei Backsteine dicker werden. Diese Backsteine werden in hydraulischen Mörtel gelegt und mit Stückchen von hartem Schiefer in den Fugen wohl verkeilt.

Wendet man Backsteine und Hausteine zusammen an, so werden die Bögen an den Stirnflächen, einige zwischen diesen liegende Bögen, die Schichten der Schlußsteine und der Anfänger und einige mittlere Längsschichten von gehauenen Steinen genommen und die Zwischenräume mit Backsteinen ausgefüllt.

Fig. 63 zeigt den Querschnitt eines Segmentbogens, der mit Backsteinen und Beton bedeckt ist. **A** Gewölbsteine; **B** und **D** Backsteine und Betonbedeckung; **C** Widerlager; **E** Kämpfer.

Die Lehrgerüste bei kleinen Bogen werden erst entfernt, das Gewölbe ausgeschalt, ausgerüstet, wenn der Mörtel vollkommen erhärtet ist; bei großen Bögen sollte dieß erst geschehen, wenn der Mörtel durchaus fest geworden ist. In den Fugen bei'm Anfange des Bogens wird der Mörtel bei der gewöhnlichen Art des Bauens schon hart sein, wenn er in den höhern Fugen noch nicht angefangen hat

zu erhärten, wenn man nicht einen sehr schnell erhärtenden hydraulischen Mörtel anwendet. Nach dem Ausrüsten muß man den Bögen Zeit lassen, in eine dauernde Gleichgewichtslage zu kommen, ehe man den Oberbau auf denselben beginnt.

Fallen die Stirnflächen eines Bogens in die Außenseite eines Baues, wie in die Fronte einer Mauer oder einer Brücke, so werden die Gewölbsteine der Stirn mit den horizontalen Schichten auf die bereits angegebene Weise verbunden; zwischen den Stirnflächen läßt man die Köpfe der Gewölbsteine rauh, um sich an die Hintermauerung anzuschließen. Ehe man diese Hintermauerung beginnt, untersucht man die Fugen genau, und gießt die Fugen, welche sich durch Setzen geöffnet haben, mit weichem Mörtel aus, in welchen man harte Schiefer eintreibt. Diese Hintermauerung kann von Bruchsteinen, Backsteinen oder Beton gemacht werden. Wo die Bögen dem Einsickern von Regenwasser ausgesetzt sind, wie z. B. bei Brücken und den Kasematten der Festungswerke, da soll die Uebermauer von Beton hergestellt werden, den man schichtenweise aufträgt, und so einstößt, daß man eine homogene Masse erhält.

Die Schwierigkeit, wasserdichte Bedeckungen von Mauerwerk zu erhalten, hat in den letzten Jahren den Versuch einer Ueberdeckung der Betonschicht mit Asphalt veranlaßt. Die Betonschicht läßt man zuerst vollkommen trocken werden, dann wird Asphalt gewöhnlich in zwei Lagen aufgetragen. Ehe man aber hierzu schreitet, muß die Betonfläche ganz rein von Staub sein und einen Anstrich von Mineraltheer erhalten, welchen man heiß mit einer Bürste aufträgt. Diese Anwendung von heißem Mineraltheer soll die Bildung von Luftblasen in der Asphaltdecke verhindern, durch welche später Wasser zu dem Be-

ton gelangen könnte. Die erste Schicht Asphalt wird in quadratischen Tafeln oder dünnen Steinen aufgelegt, welche man durch in die Fugen gegossenen heißen Asphalt sorgfältig zu einem Ganzen vereinigt. Diese erste Schicht wird dann durch Streichen mit einem gewöhnlichen hölzernen Richtscheite bis zum Erhärten eben gemacht. Bei der zweiten Schicht behält man dasselbe Verfahren bei, und legt die Stücke so, daß die Fugen mit denen der untern Schicht wechseln. Endlich wird feiner Sand über diese Schicht gestreut und vor dem Erhärten des Asphaltes in diese eingedrückt.

Solche Bedeckungen mit Asphalt sind in Europa und Amerika vielfältig mit entschiedenem Erfolge angewendet worden; das Mißlingen in einzelnen Fällen rührt wohl entweder von schlechtem Material oder von einem fehlerhaften Verfahren her.

Bei einer Reihe von Bögen, wie bei Brücken oder Kasematten, wird jeder einzelne Bogen durch zwei geneigte Ebenen, ähnlich einem Dache, überdeckt. Dadurch entstehen Rinnen, in welchen sich das Wasser sammelt, und aus welchen dieses abgeleitet wird. Dies geschieht entweder in eisernen Röhren oder durch verticale Oeffnungen, welche man in dem Mauerwerk der Pfeiler anbringt, und welche mit horizontalen, bedeckten Ableitungsrinnen in Verbindung stehen. Ein kleines Gewölbe, durch das ein Mann schlüpfen kann, um das Innere zu untersuchen, überdeckt diese Rinnen. Wird der Raum über dem Dache zwischen den Stirnen der Bögen mit Erde angefüllt, so wird eine Anzahl Abzugsgräben von der Firste des Daches in diese Rinne von Backsteinen hergestellt. Diese werden am Besten aus trockenen, plattgelegten Backsteinen gemacht, welche man mit andern Backsteinen überdeckt und zwischen welchen man Fugen offen läßt, um das Wasser eintreten zu

lassen. Die Erde wird auf die obere Schicht Backsteine gefüllt, welche so gelegt ist, daß sie eine gleichförmige Fläche bildet.

Ist der Raum über dem Dache nicht mit einer dichten Masse ausgefüllt, welche das zu tragende Gewicht auf das Gewölbe überträgt, so können Mauern parallel den Stirnseiten des Gewölbes aufgeführt werden, welche etwa kleinen Gewölben als Widerlager dienen, auf welchen die zu tragende Last ruht; oder diese Mauern werden mit großen Platten zu demselben Zwecke belegt. In dem letzten Falle kann man die Mauern dadurch leichter machen, daß man bogenförmige Oeffnungen in denselben läßt. Alle diese Methoden sind bei Brücken im Gebrauche, um die Straße zu tragen und ebenso bei'm Ueberdachen gewölbter Gebäude. Sie pflanzen weniger Gewicht auf die Pfeiler und Widerlager fort, als diese bei vollständiger Ausfüllung zu tragen haben.

Fig. 64 zeigt den Durchschnitt durch den Pfeiler und die Stirnen eines Bogens, auf welchem Pfeiler **C C** parallel zu den Stirnmauern **B** stehen, welche die auf dem Bogen stehende Last tragen.

Fig. 65 ist ein Schnitt durch zwei Bögen und den Pfeiler **A** mit einer Ansicht der Mauer **B**, welche Bogenöffnungen hat **C, C,** und parallel mit den Stirnflächen erbaut ist, um auf darübergelegten Platten die Last zu tragen.

Aus den Beobachtungen, die man an großen Bögen über die Art des Setzens gemacht hat, und ebenso aus Versuchen mit Modellen geht hervor, daß in allen Fällen, wo die Wölbungshöhe so groß oder kleiner als die halbe Spannweite ist, der Schluß des Gewölbes hereinsinkt und die nebenliegenden Theile hinausdrückt.

Bei Spitzbögen, oder solchen, bei denen die Wölbungshöhe größer als die halbe Spannweite ist,

erfolgt das Brechen auf verschiedene Weise. Hier fallen die untern Theile einwärts und die obern werden hinausgedrückt.

Fig. 66 zeigt die Bewegung, welche flache Bögen bei'm Brechen annehmen. o Brechungsfuge am Schlußsteine. m, m Brechfugen unter dem Schlußstein. n, n Brechfugen am Anfange des Gewölbes.

Fig. 67 zeigt, wie Spitzbögen brechen können. — Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung, wie bei Fig. 66.

Bei dieser Bewegung wird der Schlußstein von beiden Seiten gedrückt; er muß diesem Horizontalschub durch seine rückwirkende Festigkeit widerstehen. Dieser Horizontalschub pflanzt sich durch das Gewölbe auf die Widerlager fort, welche durch ihn in der Gefahr sind, umgeworfen zu werden.

Die Brechfugen unter dem Schlußsteine ändern ihre Lage nach der Form des Gewölbes und der von demselben zu tragenden Last. Aus Versuchen scheint hervorzugehen, daß diese Fugen bei den Halbkreisbögen einen Winkel von ungefähr 27 Graden mit dem Horizonte machen; in Segmentbögen von weniger als 120 Grad sind diese Brechfugen die Anfänge des Gewölbes; in elliptischen Bögen mit drei Mittelpunkten bilden sie einen Winkel von etwa 45 Grad mit dem Horizonte.

Die Berechnung der Lage der Brechfugen und des Horizontalschubs der Gewölbe und der daraus folgenden Dicke der Gewölbe und der Widerlager hat viele Schwierigkeit; einfacher wird die Aufgabe, wenn die Lage der Brechfugen gegeben ist.

Die Berechnung der Gewölbe hat viele Schriftsteller beschäftigt, und man hat Tafeln berechnet, um in jedem Falle die Mühe der Berechnung zu ersparen. Solche Tafeln findet man unter Anderem in

dem schon öfters angeführten „Vademecum des praktischen Ingenieurs", Stuttgart bei Müller.

Die Verbindung zwischen dem obern Ende der Widerlager und den Schichten des Gewölbes erfordert bei Segmentbögen, schiefen und steigenden Gewölben besondere Sorgfalt. Bei den ersten ist der Schub des Bogens sehr groß, und bei schweren Bögen ist es deßhalb gut, die Fugen der innern Schichten des Widerlagers wenigstens für einige der obern Schichten schief gegen den Horizont zu stellen, um dem Abgleiten entgegenzuwirken. Der Kämpfer muß gut mit dem hinter ihm liegenden Mauerwerk verbunden sein und die gehörige Dicke haben, um dem Druck auf ihn zu widerstehen.

Bei dem schiefen Gewölbe sind die Widerlager nicht gleichmäßig belastet, und dieses nimmt nicht den ganzen Druck des Gewölbes auf, wenn der Bogen in der gewöhnlichen Weise gebaut ist. Jeder dieser Punkte erfordert eine besondere Aufmerksamkeit; der erste verlangt eine passende Dicke der Widerlager; der zweite, daß der Bogen so gebaut werde, daß der Schub des Gewölbes so nahe als möglich parallel mit den Stirnflächen werde. Um das Letzte zu erreichen, muß der Bogen oberhalb der Brechfugen in verschiedene Zonen getheilt sein, von denen jede ohne Verbindung mit den beiden anliegenden, aber so gebaut wird, daß man diese Verbindung nach der Ausschalung bilden kann. Bei dieser Anordnung kann das Setzen nach dem Abbrechen des Lehrgerüstes erfolgen, ohne daß Brüche entstehen, und der Gewölbdruck nimmt die gewünschte Richtung an.

Fig. 68 stellt die Aufwicklung der Hälfte der innern Wölbfläche eines schiefen Tonnengewölbes mit schraubenförmigen Fugen dar und zeigt die Theilung der Wölbfläche in Zonen **A**, **B**, **C**, **D** durch Stoßfugen ohne Mörtelverbindung. **a c b** Aufwickelung

der Curve des schiefen Schnittes. c e eine der Kanten der Lagerfugen, rechtwinklig auf a b. a d Anfangslinie des Gewölbes.

Bei steigenden Gewölben wird der Anfang des Gewölbes schief gegen den Horizont, und hier muß man darauf achten, ob diese Neigung nicht über den Winkel steigt, bei dem der Stein von selbst abgleitet. Ist dieses aber der Fall, so muß man den Kämpfer staffelförmig behauen oder einen besondern Verband herstellen, oder endlich eiserne Klammern und Bolzen anwenden, um ein Abgleiten des Bogens von dem Widerlager zu vermeiden.

Den Widerlagern von rechtwinkligen und wenig schiefen Tonnengewölben giebt man eine gleichförmige Dicke; wenn aber die Schiefe bedeutend wird, so kann man die Dicke der Widerlager gegen das Ende, wo der stärkste Druck ist, wachsen lassen.

Bei conischen Bögen nimmt ebenso die Dicke der Widerlager mit der Spannweite ab.

Bei Klostergewölben werden die Widerlager schwächer genommen, als bei Tonnengewölben derselben Spannweite, und bei Kreuzgewölben muß man bei der Berechnung des Widerstandes, welchen die Widerlager gewähren, auch das Gewicht der beiden Gewölbe, welche auf dem Pfeiler ruhen, welcher dem Schub des Gewölbes entgegensteht, beachten.

Müssen Widerlager, wie bei Gebäuden, sehr hoch und deßhalb sehr dick werden, so kann man sie dadurch verstärken, daß man sie über das Gewölbe hinauf baut, ähnlich den Thürmchen und Zinnen der gothischen Bauwerke; oder daß man gewöhnliche volle oder bogenförmige Strebepfeiler anbringt; oder endlich: man legt eiserne Bänder nahe bei den Brechfugen in die Gewölbe, um diese zusammenzuhalten. Die Anwendung dieser verschiedenen Mittel, ihre Form und Größe hängt von dem Charakter des Baues ab.

Die Verankerung mit Eisen, zum Beispiel, kann nur bei den seitrechten oder sehr flachen Gewölben dem Auge verdeckt werden, und muß also vermieden werden, wo sie unsichtbar sein soll.

Kreisförmige eiserne Reife hat man zur Sicherung der Widerlager der Kuppeln verwendet; man legt diese Ringe um die untersten Schichten der Kuppel und schützt so das Widerlager vor dem Schub des Gewölbes.

Vorkehrungen gegen das Senken. Eine der schwierigsten und wichtigsten Aufgaben bei der Construction von Mauerwerk ist die, dem ungleichen Setzen in den Theilen vorzubauen, welche verbunden bleiben sollen, aber ungleich belastet sind, und in welchen durch dieses ungleiche Setzen Risse und Sprünge entstehen. Dieser Schwierigkeit zu begegnen, erfordert auf Seiten des Ingenieurs viel praktischen Takt. Er muß verschiedene Mittel anwenden, um die Gefahr, welche von ungleichem Setzen droht, so weit als möglich zu entfernen.

Mauern, welche große Lasten tragen sollen, müssen durchweg gleichzeitig aufgebaut und große Sorgfalt auf den Verband und die Schichtenführung verwendet werden. Die Materialien sollen in Art und Größe gleichartig sein; nur hydraulischer Mörtel sollte verwendet werden, und die Mauer nicht eher belastet werden, bis sie trocken ist, am Besten im nächsten Jahre. Wenn es möglich ist, kann man auch ein Probegewicht auf die Mauer bringen, ehe die beständige Belastung aufgestellt wird.

Wo die Stirn eines Bogens in einer Mauer eingebaut ist, besonders wenn dieser Bogen eine große Last zu tragen hat, soll man diese Mauer nur bis zum Anfange des Bogens fortführen, und erst dann höher hinauf, wenn sich der Bogen vollständig gesetzt hat; und wenn hier die Gefahr eines Bruches

zwischen dem Widerlager und der Mauer droht, so muß man diese von einander getrennt aufführen, aber so, daß später die Verbindung hergestellt werden kann. Es ist überdies immer gut, das Bauen der Bögen bis zu der Bauzeit auszusetzen, welche auf die Vollendung der Pfeiler folgt, und die Belastung der Bögen erst in die auf ihre Vollendung folgende Bauzeit zu verschieben.

Der Mörtel in den Fugen nächst der Oberfläche, welche der Witterung ausgesetzt ist, soll vom besten hydraulischen Kitte oder Cement sein, und dieser Theil des Verbandes wird gewöhnlich einige Zeit, nachdem das Werk vollendet ist, hergestellt; die Fugen werden ausgestrichen oder beworfen. Welches die beste Zeit hierzu sei, ist noch eine Streitfrage unter den Baumeistern: einige ziehen es vor, den Bewurf vorzunehmen, wenn der Mörtel in den Fugen noch weich ist, während andere warten, bis er hart geworden. Das Letztere ist gebräuchlicher und besser. Der Mörtel hierzu soll mager sein, d. h. er soll einen Ueberschuß an Sand haben; der Sand soll ein feines gleichmäßiges Korn haben und nur wenig Wasser zum Anmachen des Mörtels genommen werden. Ehe man den Bewurf vornimmt, müssen die Fugen sorgfältig ausgekratzt und dann genetzt werden. Der Mörtel wird mit einer passenden Kelle aufgetragen und in die Fugen gedrückt und dann an der Oberfläche glatt gerieben. Einen Bewurf zu erhalten, der den Einflüssen unseres Klima's widersteht, ist nicht die geringste Schwierigkeit der Baukunst. Die Ausdehnung und Zusammenziehung der Steine veranlassen bald Sprünge in dem Bewurf und selbst ein Ablösen desselben vom Steine, Wasser dringt ein, und bei'm Frieren und Aufthauen fällt der Bewurf ab.

Ausbesserung an Mauerwerk. Soll neues Mauerwerk mit altem verbunden werden, so wird

der Mörtel des alten überall weggekratzt, wo er bröcklich ist und wo die neue Mauer sich anschließen soll. Der Verband hängt von den Umständen des einzelnen Falles ab; die Verbindungsflächen muß man sorgfältig zusammenpassen, so daß man wenig Mörtel braucht und deßhalb das Setzen keine Trennung hervorrufen kann.

Ein Mittel, um unganze Stellen in Mauern zu verstopfen oder die Gründungsbetten, welche ausgespült sind, zu erneuern, ist seit einigen Jahren von französischen Ingenieuren gebraucht worden, das bei hydraulischen Constructionen sehr dienlich ist. Es besteht darin, hydraulischen Cement in die auszufüllenden Theile durch Löcher, welche man durch das Mauerwerk gebohrt hat, mit einer starken Pumpe einzupressen. Die Instrumente, die man hierzu gebraucht, bestehen gewöhnlich aus hölzernen oder gußeisernen Röhren mit gleichdicker Höhlung; der Kolben ist von Holz und wird mit einem schweren Schlägel niedergetrieben.

Bei'm Gebrauche wird die Pumpe in das Bohrloch gepaßt, der hydraulische Cement halbflüssig eingefüllt, ein Pfropf von Werg oder eine Lederscheibe und dann der Stempel aufgesetzt, welcher mit einigen Schlägen niedergetrieben wird.

Ein Mörtel von hydraulischem Kalk und feinem Sande ist zu demselben Zwecke gebraucht worden; der Kalk wurde frisch aus dem Ofen zerrieben und ohne ihn abzulöschen verwendet, damit er bei der Ausdehnung, welche das Ablöschen begleitet, die Räume um so vollständiger ausfülle. Diese Ausdehnung kann aber auch in eingeschlossenen Räumen gefährlich werden. Der Gebrauch des Sandes bei Mörtel, der eingeschlossen werden soll, wird von manchen Ingenieuren verworfen, weil er bei dem flüssigen Zustande, in welchen der Mörtel gebracht

werden muß, in diesem sich zu Boden setzt und so eine ungleichartige Schicht hervorbringt.

Fig. 69 zeigt eine Anordnung, um hydraulischen Cement unter eine Mauer zu bringen. **A** Querschnitt der Mauer mit verticalen, durchgeschlagenen Löchern **c, c.** **B** die Pumpe, durch welche der Cement in den Raum **C** gebracht wird.

Einwirkungen der Temperatur auf Mauerwerk. Frostkälte ist die zerstörendste Kraft, gegen welche der Ingenieur seine Werke zu schützen hat. Während strenger Winter in den nördlichen Gegenden (der vereinigten Staaten) dringt der Frost auf drei Meter Tiefe in die Erde, welche mit Mauern in Berührung steht, wie die Beobachtung gelehrt hat. In Deutschland liegt diese Grenze viel höher, wohl nirgend unter 1,5 Meter. Es ist wegen dieses Eindringens der Kälte von der größten Wichtigkeit, alle Mittel anzuwenden, um die Erde in Berührung mit Mauerwerk trocken zu erhalten, zu welcher Tiefe man auch mit den Fundamenten hinabgestiegen ist. Ohne dieses erreicht zu haben, können die ernstesten Unfälle die Fundamentmauern treffen.

Sammelt sich Wasser in einiger Menge in der Erde um die Mauer, so kann es nothwendig sein, kleine bedeckte Abzugsgräben rund um das Fundament anzulegen, und eine Lage loser Steine zwischen die Seiten des Fundamentes und die Erde zu bringen, um dem Wasser freien Abzug zu geben.

Es kann als ein Grundsatz aufgestellt werden, daß Mörtel, welcher, ehe er gebunden hat, dem Froste ausgesetzt war, seine bindenden Eigenschaften ganz verloren hat. Dieses macht klar, wie nothwendig die früher gegebene Vorschrift war, die Fundamente bis wenigstens auf einen Meter Höhe über dem Boden in hydraulischen Mörtel zu legen; denn wenn schon

der Mörtel unter dem Boden durch die Erde vor Frost bewahrt sein kann, so sind dies doch die Theile über dem Boden nicht; diese nehmen die Feuchtigkeit des Bodens auf, und der Mörtel bindet nicht oder nur sehr langsam, wenn der Kalk gemeiner Kalk ist; der Winter kommt und der Mörtel ist noch nicht erhärtet; das Fundament ist erfroren.

Bei schweren Mauern ist der Mörtel im Innern gewöhnlich vor dem Angriffe des Frostes geschützt, und solche Mauern können aufgebaut werden, bis die Frostkälte beginnt; aber alle wichtigen Bauten sollte man einige Wochen vor dem gewöhnlichen Eintreten der Gefrierkälte einstellen.

Im heißen Sommer trocknet der Mörtel zu schnell; deßhalb müssen dann die Steine besonders gut genäßt werden, und in sehr heißen Tagen muß die Mauer feucht erhalten werden, bis der Mörtel zu binden anfängt. Die obersten Schichten sollten immer gut benetzt werden, wenn der Arbeiter auf kurze Zeit dieselben verläßt.

Die Wirkungen hoher und niederer Temperatur auf frischen Mörtel sind ähnlich. Im einen Falle hindert das Gefrieren des Wassers die Verbindung des Sandes und Kalkes; im andern Falle tritt dasselbe durch die schnelle Verdünstung des Wassers ein. In beiden Fällen erhält man einen weichen, pulverigen Mörtel.

Zweites Capitel.

Von der Zimmerung.

Zimmerung heißt das Verfahren, Balken von festen Stoffen zu den verschiedenen Zwecken des Bauwesens zusammenzusetzen.

Gewöhnlich wird der Ausdruck Zimmerung nur dort gebraucht, wo die Balken von Holz sind. Wir gebrauchen diesen Ausdruck allgemeiner für jedes Material.

Holz und Eisen sind die einzigen Stoffe, welche gewöhnlich zu Zimmerwerk gebraucht werden. Eisen bietet einen größern Widerstand dar, ist dauerhaft und läßt sich überdies in die passenden Formen ohne Verlust an Stärke bringen, während Holz nur wenige Formen mit Vortheil zuläßt. Dieses ist aber gewöhnlich wohlfeiler.

Bei einem Zimmerwerk verlangt man, durch zweckmäßige Verbindung von Bäumen den für das Bauwerk nothwendigen Grad von Festigkeit und Steifheit, vereinigt mit einer Leichtigkeit und Ersparung von Material, zu erreichen, deren eine Construction aus dichten Massen nicht fähig ist. Zu diesem Ende müssen die einzelnen Balken die günstigste Form erhalten, und so verbunden werden, daß sie den größten Widerstand leisten und durch die wirkenden Kräfte nicht aus ihrer Lage gebracht werden können.

Die Formen der Balken hängen von der Natur des Balkens und von der Kraft ab, welcher der Balken widerstehen soll, und welche Zusammendrükung, Ausdehnung oder Querdruck sein kann.

Die Gestalt und die Verbindung der Balken, welche man dem Zimmerwerke giebt, hängt von dem

Zwecke desselben ab und von der Richtung der Kräfte, denen es widerstehen soll.

Bei Zimmerwerk aus Holz sind die Querschnitte jedes Baumes gewöhnlich durchaus gleich und entweder kreisförmig oder rechtwinklig, welches die einzigen einfachen Formen sind, welche man dem Holze geben kann, ohne seiner Stärke zu schaden. Bei gußeisernem Zimmerwerk kann jeder einzelne Balken in die Form gegossen werden, welche die größte Festigkeit mit dem geringsten Aufwande an Material giebt.

Bei der Verbindung der Balken muß man, was immer die Gestalt des Zimmerwerkes ist, den Theilen, welche es zusammen bilden, so viel wie möglich die Form von Dreiecken geben, bei denen jede Seite aus einem Balken zusammengesetzt ist, welche in den Ekken so verbunden sind, daß ein Ausweichen dort nicht Statt finden kann. Bei allen Verbindungen, in welchen die Hauptbalken Vielecke bilden, müssen Hülfsbalken angebracht werden, entweder in der Richtung der Diagonalen, oder so, daß sie jedes Balkenpaar verbinden, welche in einem Winkel zusammenstoßen. Diese zweite Reihe von Balken nennt man, wenn sie zusammengedrückt werden, Streben, wenn sie auseinandergezogen werden, Bänder.

Einer der Zwecke eines Zimmerwerkes ist, die Kraft, welcher es widersteht, auf bestimmte unbewegliche Punkte fortzuleiten; man muß deßhalb die einzelnen Balken so anordnen, daß dieses auf dem Wege geschieht, auf welchem eine Aenderung der Form des Zimmerwerkes am wenigsten leicht hervorgebracht und also die Balken dem Brechen am wenigsten unterworfen sind. Diese Bedingung wird am Besten erfüllt, wenn man den Hauptbäumen eine solche Stellung giebt, daß der Druck oder Zug nach ihren Mittellinien zu den unbeweglichen Widerlagern

geführt wird; bei dieser Anordnung können diese Kräfte die Form des Zimmerwerkes nur so weit ändern, als dies durch die Verkürzungen oder Verlängerungen der Hauptbalken geschieht; und wenn alle unnöthigen Seitendrücke auf diese Weise umgangen werden, so werden die Balken den größtmöglichen Widerstand leisten.

Wo diesen Bedingungen nicht genügt werden kann, muß das Zimmerwerk so angeordnet werden, daß die Kräfte, welche nicht auf Fixpunkte übertragen werden können, durch andere im Gleichgewichte gehalten werden, oder sich gegenseitig aufheben; dabei müssen die Balken, welche dem Zerbrechen oder einer solchen Biegung ausgesetzt sind, daß sie die Stabilität des Zimmerwerkes gefährden könnten, durch Streben gegen die festen Widerlager oder gegen solche Punkte des Zimmerwerks geschützt werden, welche durch den Druck der Streve eine Aenderung der Gestalt des Zimmerwerks nicht verlassen können.

Die Stützpunkte eines Zimmerwerks können oberhalb oder unterhalb desselben liegen; im ersten Falle hat man ein Hängewerk, dessen Vieleck eine stabile Gleichgewichtslage annimmt, wobei die einzelnen Seiten eine Ausdehnung erleiden; im zweiten Falle müssen die oben aufgezählten Mittel angewendet werden, um einem vieleckigen Zimmerwerke Stabilität zu geben.

Die Stärke eines Zimmerwerkes und seiner Theile muß nach dem Widerstande bemessen werden, den es zu leisten hat. Ist die Form des Balkenwerkes und die Richtung und Größe der Pressungen gegeben, so kann man nach den Sätzen der Statik berechnen, welchem Widerstande jedes einzelne Stück entgegenzutreten hat, und welche Dimensionen man demselben deßhalb geben muß.

Der Zweck des Bauwesens muß nothwendig die allgemeine Form des Zimmerwerkes feststellen und ebenso die Richtungen der Pressungen, welche er zu tragen hat. Eine Prüfung der Zimmerwerke einiger der häufiger vorkommenden Bauten wird deßhalb der beste Weg sein, sowohl die vorstehenden allgemeinen Grundsätze weiter zu erläutern, als auch die gewöhnlichsten Verbindungen kennen zu lernen.

Zimmerwerk aus Holz. Dieses ist entweder eine Verbindung von geraden Hölzern, oder eine Verbindung von geraden Hölzern mit gebogenen.

Stücke von winkeligem Holze werden nur da gebraucht, wo die Form der Theile dies erfordert, oder wo eine Verbindung von geraden Hölzern im Winkel Statt haben soll.

Wie schon gesagt, sind die Querschnitte der Hölzer gewöhnlich durchweg gleich und rechteckig. Dies muß in manchen Fällen mehr Festigkeit geben, als die Belastung erfordert, und es wird also auf die Unterlagen ein größerer Druck fortgepflanzt, als wenn Bäume von genau hinreichender Festigkeit wären verwendet worden; aber man vermeidet auf diese Weise ein Durchschneiden der Fasern des Holzes, durch welches dieses wesentlich geschwächt wird. Verschiedene Hölzer, welche zu demselben Zimmerwerke vereinigt werden, können dagegen recht wohl verschiedene Querschnitte erhalten.

Zimmerwerk für Querdrücke. Die Theile eines Zimmerwerkes, welche eine querdrückende Last zu tragen haben, können entweder horizontal liegen wie die Balken eines Bodens, oder wie die Sparren eines Daches. Die Belastung kann gleichförmig über das Holz vertheilt sein, wie in den angeführten Beispielen, wo sie von dem Gewichte des Bodens oder des Daches herrührt, oder sie kann nur in einem

Punkte wirken, wie bei einem Gewichte, das von einem Balken getragen wird.

In allen diesen Fällen müssen die Enden des Balkens fest auf einer unbeweglichen Unterlage und die längere Seite des Querschnittes in der Richtung des Druckes liegen.

Ist die Spannweite, die Entfernung der beiden Unterlagen nicht groß, so kann das Zimmerwerk lediglich in einer Reihe paralleler Balken bestehen, welche in der Last entsprechender Entfernung neben einander liegen. Wenn die Balken sehr nahe beisammen liegen oder der Querschnitt sehr hoch ist, so werden kurze Streben von Latten zwischen je zwei Balken in diagonale Stellung gebracht, um das Drehen und Nachgeben der Balken zu verhindern.

Fig. 70 zeigt den Querschnitt horizontaler Balken, die durch diagonale Latten verbunden sind.

Ist die Spannweite und der Druck so groß, daß ein einzelner Balken hinreichende Festigkeit und Steifheit nicht giebt, so wendet man zusammengesetzte Balken an, welche entweder in unmittelbar übereinander gelegten und fest miteinander verbundenen Balken bestehen — geschlossenen Balken; oder welche aus zwei Balken zusammengesetzt sind, die einen Raum zwischen sich lassen, in welchem Querstücke so angebracht sind, daß der Druck auf den einen Balken sich gleichförmig auf den andern fortpflanzt, — offen gebaute Balken.

Geschlossen gebaute Balken. Hierzu werden die Balken in jeder Schicht Hirn an Hirn gestoßen, so daß die Fugen der einzelnen Schichten miteinander wechseln. Die Schichten werden fest zusammengepreßt, entweder durch Schraubenbolzen, oder durch fest angetriebene eiserne Bänder, oder durch eiserne Bügel mit Schrauben an den Enden.

Fig. 71 zeigt einen zusammengepreßten Balken von 3 Schichten; die Schichten sind durch eiserne Bänder zusammengehalten.

Fig. 71 a zeigt einen eisernen Bügel oder Band a mit Schrauben und Muttern c, welche das Querstück b festhalten.

Ist die Kraft von der Art, daß die Schichten übereinander gleiten könnten, so verzahnt man die einzelnen Schichten und paßt sie gut ineinander; oder es werden rechtwinklige Löcher quer an jedem Baum ausgearbeitet, in welche man Bolzen von hartem Holze, auch Keile treibt, um die Hölzer zu zwingen, sich so zu biegen, als ob das Ganze ein solider Balken wäre.

Fig. 72 zeigt einen verzahnten zusammengesetzten Balken mit drei Schichten, welche durch eiserne Bänder vereinigt sind.

Fig. 73 stellt einen Balken von zwei Schichten dar; der obere Theil besteht aus zwei Hölzern b, b, welche durch einen keilförmigen Bolzen a fest in die Verzahnungen gepreßt werden.

Fig. 74 zeigt einen zusammengesetzten Balken mit Bolzen b, b von hartem Holze zwischen den Schichten.

Fig. 75, Keile a, b, welche in die Einschnitte in den Bäumen getrieben werden.

Die Fugen zwischen den Balken können hier etwas offen bleiben, ohne die Festigkeit der Verbindung wesentlich zu mindern. Dies ist bei Balken, welche der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, von Wichtigkeit, da es die Verdunstung bedeutend erleichtert. Filz oder starkes Papier, mit Mineraltheer getränkt, soll die Fugen vor der Einwirkung der Feuchtigkeit schützen. Das präparirte Material wird über die ganze Ausdehnung der Fuge ausgedehnt und dann der Balken fest zusammengeschraubt.

Durchbrochen gebaute Balken. Der Hauptpunkt, den man bei diesen Verbindungen im Auge haben muß, ist der, daß die Verbindung des obern und untern Balkens so hergestellt werde, daß sich jede Belastung auf beide gleichmäßig vertheilt. Dies kann auf verschiedene Weise erlangt werden.

Fig. 76 stellt einen durchbrochen gebauten Balken vor. A und B sind Langhölzer, oben und unten; a, a Querhölzer, entweder einfach oder paarweise; b paarweise diagonale Bänder; c einfache diagonale Bänder.

Der oberste und der unterste Baum können einfache oder selbst zusammengesetzte Balken sein; sie sind von Strecke zu Strecke durch rechtwinklig auf ihnen stehende Querhölzer, Pfosten verbunden, zwischen welchen diagonale Bänder angebracht sind. Bei dieser Anordnung muß die relative Lage aller Theile des Balkens sich erhalten und der Druck pflanzt sich gleichförmig über das Ganze fort.

Zwei der am Besten bekannten Anwendungen dieser Verbindung, bei der nur Holz vorkommt, rühren von dem Colonel Long bei den Topographen der Vereinigten Staaten und von dem verstorbenen Town her.

Die Construction des Obersten Long besteht in drei obern und drei untern Balken, welche parallel nebeneinander, in solchen Entfernungen voneinander liegen, daß zwischen die mittlern Bäume und die äußeren die Querhölzer eingepaßt werden können. Diese Querhölzer, Pfosten, stehen paarweise in passenden Entfernungen längs der Balken, mit welchen sie durch Keile mit Schuhen verbunden sind, welche durch die Balken und entsprechende Einschnitte der Pfosten gehen. Ein diagonales Holz, das Band, verbindet den Kopf des einen Pfostens mit dem Fuße des nächsten durch eine passende Fuge. Ein anderes

diagonales Holz, das Gegenband, ist kreuzweise zwischen zwei Bändern und die dazu gehörigen Pfosten mit den Enden auf den mittlern Balken der obern und der untern Schicht gestellt. Die Gegenbänder sind mit den Pfosten und den Bändern durch hölzerne Nägel verbunden.

Fig. 77 stellt ein Fach von Long's Balken vor. A und B obere und untere Balken. C, C Pfosten, die paarweise stehen. D Bänder, paarweise. E Gegenbänder, einzeln. a, a Löcher, in welche Keile mit Schuhen eingetrieben werden. F Schuh und Keil von hartem Holze.

Bei großer Spannweite müssen die Bäume Hirn auf Hirn aneinander gestoßen werden. In diesem Falle müssen die Fugen abwechseln und an den Fugen kurze Balken zwischen den mittleren und äußern eingeschaltet werden.

Die Hölzer dieser Construction sind alle von gleichem Querschnitt, die Fugen und Befestigungen sind von der einfachen Art, und die Construction ist so, daß alle Theile gleichmäßig angegriffen werden.

Die Verbindung von Town besteht in zwei Hauptbalken, von denen jeder aus zwei oder drei parallelen Hölzern gebildet ist. Zwischen den parallelen Hölzern ist eine Reihe von diagonalen Bändern kreuzweise befestigt. Diese Bänder sind mit den Langhölzern und unter sich durch hölzerne Nägel verbunden. Sind die Langhölzer in drei Reihen vorhanden, so werden die diagonalen Bänder zwischen die Bäume gelegt und noch zwei Reihen Langhölzer zwischen diesen Bändern angebracht.

Fig. 78, A ein Aufriß und B eine Endansicht eines Stückes von Town's Balken. a, a obere Balken. b, b untere Bänder. c, c diagonale Bänder.

Diese Verbindung der Gitterbalken ist sehr leicht auszuführen, da die Hölzer alle gleichen Quer-

schnitt und gleiche Länge haben. Der Druck wird durch die Holznägel fortgepflanzt, welche bei wechselndem Drucke lose werden, wodurch der Balken seine Steifheit verliert. Diese Verbindung empfiehlt sich mehr durch ihre Einfachheit als durch ihre Zweckmäßigkeit.

Eine dritte Methode, nach dem Patentträger How's Balken genannt, ist seit wenigen Jahren bekannt geworden. Er besteht in einem obern und untern Balken, von denen jeder aus mehren, Seite bei Seite nebeneinander gelegten Hölzern besteht. An den innern Seiten dieser Balken sind kurze Stücke von hartem Holze eingelassen, welche als Stützpunkt für diagonale Streben dienen; die eine Reihe dieser Streben ist paarweise, die andere einfach und zwischen jenen angebracht. Starke eiserne Bolzen mit Schrauben an den Enden gehen durch die Fußblöcke und mit ihrer Hülfe wird das Ganze fest zusammengezogen. Diese Verbindung ist zweckmäßig eingerichtet. Die Fußblöcke geben den Streben ein rechtwinkliges Ende; die Bolzen ersetzen vortheilhaft die hölzernen Pfosten und lassen leicht, wenn das Zimmerwerk lose geworden, dies auf's Neue zusammenziehen.

Die vorstehenden Verbindungen sind in den Vereinigten Staaten vielfältig bei Brücken angewendet worden. Bei dieser Anwendung wird das Holzwerk, das die Fahrbahn trägt, gewöhnlich auf die untern Langhölzer gelegt; zwei, drei oder vier solche gebaute Balken, wie es der Fall verlangt, tragen die Querbäume unter der Fahrbahn; die mittleren lassen auf jeder Seite die gleiche Weise bis zu den äußern Balken.

Fig. 79 ist ein Aufriß eines Theils von einem How's-Balken. **a** oberer Balken. **b** unterer Balken. **c, c** diagonale Streben, die paarweise vorhan-

den sind. d einfache Streben. e, e Füße von hartem Holze. f f eiserne Schraubenbolzen.

Zimmerwerk mit Zwischenträgern. Balken von gewöhnlichen Dimensionen kann man für sehr große Spannweiten gebrauchen, wenn zwischen den Enden Unterstützungen angebracht werden können.

Die gewöhnlichste und beste Methode, diese anzubringen, besteht darin, daß man verticale Pfosten in angemessenen Entfernungen unter den Tragbalken aufstellt.

Wenn diese Stützen aus anderweitigen Gründen nicht anwendbar sind, und wenn feste Punkte außerhalb, unter den Punkten, in welchen der Balken aufliegt, vorhanden sind, so kann man schiefe Streben anwenden. Diese Streben erhalten einen passend geformten Fuß und sind eben in den Balken zweckmäßig eingefugt. In manchen Fällen kann die Spannweite dadurch vermindert werden, daß man auf die Stützpunkte kurze Hölzer Sattelhölzer, Schirrbalken legt, und diese nahe an den Enden durch Streben stützt.

Fig. 80 zeigt einen horizontalen Balken, der nahe an der Mitte durch geneigte Streben gestützt wird.

Fig. 81. Ein horizontaler Balken c durch Pfosten a, a mit Tragbalken, Sattelholz und geneigten Streben in der Spannweite vermindert.

In andern Fällen verstärkt man den mittlern Theil des Balkens durch einen Brustbalken, Spannriegel, welcher durch Streben getragen wird.

Fig. 82 stellt einen horizontalen Balken c vor, welcher durch einen Brustriegel f und geneigte Streben e verstärkt ist.

Wenn es die Spannweite verlangt, so muß man die Einrichtung so treffen, daß die beiden vorhergehenden Anordnungen miteinander verbunden werden.

Fig. 83 zeigt eine Verbindung der beiden vorhergehenden Anordnungen.

Bei allen Verbindungen mit Streben wird durch diese auf ihren Fuß ein Seitenschub hervorgebracht, welchem durch hinreichende Festigkeit des Widerlagers entgegengewirkt werden muß.

Kann eine mittlere Unterstützung nur von oben her angebracht werden, so muß ein Hängewerk eingerichtet werden. Die Anordnung hängt von der Zahl der Punkte ab, welche unterstützt werden sollen.

Hat man den Balken nur in der Mitte zu unterstützen, so kann man zwei gegeneinander geneigte Streben in den Enden des Balkens aufstellen und in der Spitze, in welcher diese Streben zusammentreffen, an sie eine eiserne Stange oder eine hölzerne Säule aufhängen, welche die Mitte des Balkens trägt. Ist die Hängestange von Eisen, so muß sie an einem Ende eine Schraube mit Mutter haben; wird eine Hängesäule von Holz verwendet, so werden die beiden Streben in's obere Ende der Hängsäule verzapft; das untere Ende der Hängsäule wird mit dem Balken durch einen eisernen Bügel oder durch einen Bolzen mit Schraube verbunden. Anstatt einer einzelnen Hängsäule können zwei Bäume nebeneinander gebraucht werden, welche am untern Ende den zu tragenden Baum umfassen.

Fig. 84 zeigt ein einfaches Hängewerk. — **c** der Balken, der in seiner Mitte durch die Hängsäule **g** getragen wird. Diese selbst hängt in den beiden Streben **e, e.**

Sollen zwei Punkte des Balkens getragen werden, so werden zwei Hängsäulen angewendet, welche durch Streben und durch einen Spannriegel getragen werden. Die Hängsäulen können von Holz oder von Eisen sein. Diese Verbindung kann durch hinrei-

chende Vermehrung der Stützen und Spannbalken für sehr weite Spannweiten gebraucht werden.

Fig. 85 zeigt einen Balken c, welcher in zwei Puncten durch Säulen g, g getragen wird, welche an den Streben e, e und dem Spannriegel h hängen.

Fig. 86 zeigt einen Balken c, welcher durch eine Reihe von Streben und Spannbalken mittelst Hängsäulen getragen wird.

Einige der vorstehenden Verbindungen können auch zur Unterstützung eines Balkens dienen, welcher an einem Ende fest nnd mit dem andern frei liegt. Dies kann entweder durch eine Strebe unter oder durch ein Band über dem Balken geschehen. Wenn ein hölzernes Band angewandt wird, so sollte dieses aus durch zwei Schrauben zusammengehaltenen Theilen bestehen, welche den Balken umfassen.

Die Beispiele, welche unter den beiden vorhergehenden Ueberschriften aufgeführt wurden, geben die wichtigsten Verbindungen von geraden Balken, welche in der Zimmerung vorkommen. Das Zimmerwerk eines gewöhnlichen Daches ist eine der einfachsten Verbindungen, bei welchen die Wirkung der einzelnen Theile eines Zimmerwerkes erläutert werden soll.

Ein Dach von gewöhnlicher Form besteht aus zwei gleichgeneigten Flächen von Metall, Schiefer, Ziegel oder anderem Materiale, welches auf eine Verschalung von Dielen oder Latten befestigt ist, welche selbst wieder von dem Dachstuhle getragen werden. Das Zimmerwerk besteht aus verschiedenen verticalen Zimmerwerken, Gespärren, welche parallel zu einander in passenden Entfernungen aufgestellt sind. Auf diesen Gespärren liegen bei'm deutschen Dache, durch Nägel befestigt, horizontal entweder die Dachlatten, an welche die Ziegel angehängt werden, oder die Verschalung von Dielen bei Schiefer-

und Metalldächern. Für Dächer von etwas größerer Spannweite wendet man in Deutschland gewöhnlich Dächer mit stehenden oder liegenden Stühlen und Hängsäulen an. Bei flachen Dächern werden andere Dachstühle gebraucht, von welchen nachstehendes zwei Beispiele giebt.

Fig. 87 zeigt einen Dachstuhl für mittlere Spannweiten. **a** Balken, **b, b** Hauptstreben, Dachpfosten, welche in den Balken und die Hängesäule **c** verzapft sind und an ihrem untern Ende überdieß mit einem eisernen Bande befestigt sind; **e, e** Dachriegel, welche die Sparren **f, f** tragen.

Ein Gespärre eines Daches von mittlerer Spannweite besteht aus einem horizontalen Baume, dem Balken, auf welchem die Hauptstreben, die man auch Dachpfosten, Dachsäulen nennt, stehen; diese Streben tragen eine Hängesäule, welche den Balken in der Mitte unterstützt. Geneigte Streben müssen in manchen Fällen die Hauptstreben in der Mitte unterstützen. Zwischen je zwei solchen Gespärren liegen drei oder vier leere Gespärre, welche nur aus den Sparren und dem Balken bestehen; die Sparren liegen in der Mitte auf dem Dachriegel und oben auf der von der Hängesäule getragenen Firstplatte.

Für weitere Ueberdachungen wird ein liegender Stuhl unter die Hauptstreben gelegt oder ein Sprengwerk mit mehren Hängesäulen.

Fig. 88 stellt einen Dachstuhl für größere Spannweite vor: **a** der Balken, **b, b** Hauptstreben, **c** Stuhlsäulen oder Stuhlpfosten, **d** der Brustriegel, Spannriegel, **e** und **f** Hängesäulen, **g, g** Dachriegel, welche die Sparren **h** tragen.

Bei jedem Dache wird das Gewicht der Dachbedeckung und des Dachstuhls von den Unterstützungswänden getragen. Die Hauptstreben werden durch das Gewicht der Dachbedeckung quergedrückt und

durch die Wirkung der Streben aufeinander der Länge nach zusammengepreßt. Die Pressungen pflanzen sich auf dem Balken fort, welcher hierdurch einem Zuge der Länge nach ausgesetzt ist. Die Brüche widerstreben dem Querdruck auf die Hauptstreben und verhindern ein Biegen der letztern. Die Hängesäulen tragen den Balken und dienen zugleich dem Biegen als Unterstützungspuncte.

Fig. 89 zeigt einen horizontalen Balken **c**, der in seiner Mitte durch einen gebogenen Balken **b** getragen wird.

Hölzerne Bögen. — Ein hölzerner Bogen kann dadurch erhalten werden, daß man einen einzelnen Baum biegt und an seinen Enden so verspannt, daß er seine Gestalt nicht mehr annehmen kann. Ein Balken bietet in diesem Zustand eine größere Festigkeit dar, als wenn er gerade ist und kann deßhalb da mit Vortheil angewendet werden, wo große Steifheit verlangt wird und die Widerlager die hinreichende Sicherheit gegen den Seitenschub des gebogenen Balkens gewähren. Den letzten kann man dadurch umgehen, daß man die beiden Enden des gebogenen Balkens durch ein Band von Eisen oder Holz verbindet.

Fig. 90 zeigt einen Bogen **A** von Holz, oder aus drei Schichten von Balken zusammengesetzt, und die Balken **c,c,** durch die doppelt angebrachten Pfosten **g, g** unterstützt; **b, b** geneigte Streben.

Für weite Bögen wird ein gebauter gekrümmter Balken gebraucht. Die Balken werden dabei auf dieselbe Weise zusammengesetzt, wie dies bei den geraden Balken geschieht, nur werden die einzelnen Hölzer zuvor zweckmäßig gekrümmt, was entweder durch Dämpfen des Holzes oder durch mechanische Kraft, oder endlich dadurch geschieht, daß man das

Holz naß macht, während es einer schwachen Hitze ausgesetzt ist.

Fig. 91 zeigt einen hölzernen Bogen A, welcher den horizontalen Balken B durch die Säulen a, a trägt. Der Bogen A ist an den Enden in den Balken B eingelassen, welch' letzterer als Band auf den Bogen A wirkt.

Hölzerne Bogen können auch aus verschiedenen Schichten von Bohlen in polygonaler Gestalt zusammengesetzt sein. Jede Schicht ist aus Bohlen gebildet, die in kurze Stücke zerschnitten sind, welche wie Gewölbsteine gegeneinander gestellt werden. Die verschiedenen Schichten wechseln in den Fugen selbst und werden durch eiserne Bolzen oder durch Keile zusammengehalten. Diese Methode ist für alles leichte Zimmerwerk, wo die Pressung nicht groß ist, sehr brauchbar.

Fig. 92 zeigt einen Aufriß A eines Bohlenbogens, aus kurzen Stücken a, b, welche Hirn auf Hirn aneinandergereiht sind. B zeigt eine perspectivische Ansicht, wie die Bohlen gegen einander gekeilt sind.

Hölzerne Bogen werden häufig bei Brücken und bei Bedachungen gebraucht. Sie dienen als mittlere Stützpuncte für die Balken der Bahn in einem Fall oder der Dachbedeckung im andern. Bei Brücken kann die Fahrbahn über oder unter dem Bogen liegen; in jedem Falle werden die horizontalen Balken durch Posten oder Bolzen mit dem Bogen verbunden.

Die schwächste Stelle eines hölzernen Bogens liegt zwischen dem Scheitel und dem Anfange des Bogens; dieser Theil sollte deßhalb gegen den Druck der unmittelbar auf ihm liegenden Balken durch schiefe Streben geschützt werden, welche diesen Druck nach seitlichen Widerlagern des Bogens hinführen.

Die Stücke, welche einen hölzernen Bogen zusammensetzen, können nach beliebigen Curven gebogen werden; doch wendet man nur Kreisbögen an, als die einfachsten, welche zugleich hinreichende Stärke geben.

Lehrgerüste. — Das Zimmerwerk, welches die Gewölbsteine während des Baues eines Gewölbes tragen, heißt ein Lehrgerüst. Ein solches besteht, wie ein Dach, aus mehren verticalen Rippen, auf welche horizontale Riegel, Schallatten genannt, zu liegen kommen, welche die Gewölbsteine tragen.

Die gekrümmten Bogenstücke, Kranzstücke des Lehrgerüstes, auf welchen die Schallatten liegen, bestehen aus Hölzern, welche die geeignete Gestalt erhalten haben und Hirn auf Hirn aneinandergestoßen sind; die Fugen, in welchen dies geschieht, sind nach dem Krümmungsradius geschnitten; sie sind überdies gewöhnlich durch kurze Stücke gehalten, welche unter denselben angebracht und mit den Bogenstücken durch Klammern oder Bolzen verbunden sind. Diese Kniestücke werden durch Streben, von festen Puncten aus, gehalten. Die Streben selbst müssen zuweilen gegen das Biegen durch Bänder gesichert werden, welche man paarweise anwendet, so daß die Streben zwischen je zwei Bänder zu liegen kommen, mit welchen sie schwalbenschwanzartig verplattet sind; eiserne Bolzen halten das Ganze zusammen.

Die Verbindungen des Holzes zu einem Lehrgerüste sind verschieden nach der Lage der Stützpuncte und der Größe des Bogens.

Fig. 93 zeigt einen Lehrbogen für kleine Spannweiten. a, a Rippe, wie in Fig. 92 abgebildet; b b Verschalung zur Aufnahme der Gewölbsteine.

Für kleine und leichte Bögen können die Rippen aus zwei oder mehr Lagen von kurzen Bohlen, die fest aufeinander genagelt sind, bestehen. Diese Rip-

pen werden nach der Form der innern Wölblinie geschnitten und die Schallatten, welche hier dünne Latten sind, darauf genagelt.

Für schwere Bögen mit großer Spannweite, bei welchen feste Unterlagen innerhalb der Spannweite zu erhalten sind, kann der Bogen durch Streben in der Richtung der Krümmungshalbmesser getragen werden, oder durch anders geneigte Streben, welche auf den festen Stützpuncten ruhen. Um diese Streben gegen Biegung zu schützen, werden zweckmäßige Bänder angebracht.

Fig. 94 zeigt eine Rippe eines Lehrgerüstes mit zwischenliegenden Unterstützungspuncten. **a** Bogenstücke der Rippe, auf welchen die Schallatten f kommen; **b, b** Streben, welche Bogenstücke tragen; **c, c** Bänder; **c** Balken, welcher auf den Pfählen **d, d** ruht und auf welchen die Streben **b, b** ruhen.

Fig. 95 stellt ein Stück des Lehrgerüstes der Grosvenor Brücke über den Dee, bei Chester, vor; die Spannweite ist zu 200 Fuß. **A A** Stützpunct dieses Gerüstes. **a, a, a** Streben, welche in gußeisernen Füßen auf den Pfeilern **A, A** ruhen. **b, b** zwei Reihen von Bohlen, jede $4\frac{1}{2}$ Zoll dick, welche über die Streben **a, a** nach der Form des Bogens gekrümmt sind; die Fugen wechseln in beiden Schichten. **c, c** Keile, welche zur Aufnahme der Schallatten auf den Kranzstücken **b** jeder Rippe liegen.

Können keine Stützpuncte innerhalb der Spannweite angebracht werden, so muß an jedem Widerlager eine breite hölzerne Stütze errichtet werden, auf welcher die Enden der Streben der Kranzstücke ruhen. Diese gezimmerte Stütze besteht aus einem horizontalen oder geneigten starken Baume, und ist dort angebracht, wo die Gewölbsteine anfangen, übereinanderzugleiten, was ungefähr bei 30° Neigung gegen den Horizont anfängt. Dieser Balken wird

durch Pfosten, welche auf den Vorsprüngen des Fundaments stehen, getragen.

Die Kranzstücke des Lehrgerüstes können durch je zwei Streben, die unmittelbar von den beiden hölzernen Widerlagern ausgehen, gestützt werden. Diese beiden Streben werden gegen den Krümmungshalbmesser gleich geneigt. Hängesäulen in der Richtung dieser Krümmungshalbmesser umfassen die Spannriegel zwischen jenen Streben und die Streben selbst in der gewöhnlichen Art und hindern die letztern am Biegen. Diese Verbindung bietet eine unveränderliche Form, da der Druck an jedem Puncte unmittelbar an den Streben zu den beiden unbeweglichen Widerlagern fortgepflanzt wird. Sie hat den Nachtheil, sehr lange Hölzer bei beträchtlicher Spannweite zu verlangen und sehr vielfältige Kreuzungen dieser Hölzer zu veranlassen, wo diese überplattet und damit geschwächt werden müssen.

Das Lehrgerüste der Waterloobrücke über die Themse war nach diesem Princip erbaut. Um die Schwächung der Streben an den Kreuzungsstellen zu vermeiden, und um Balken von hinreichender Länge zu erhalten, wo Streben aus einem Baume nicht hinreichten, brachte man gußeiserne Füße an, welche die Enden der Streben an den Kreuzungsstellen aufnahmen; diese gußeisernen Füße wurden von den Hängesäulen getragen.

Fig. 96 zeigt einen Theil des Lehrgerüstes der Waterloobrücke über die Themse. a, a und b sind drei starke Balken, welche die Ausrüstplatten und mit den Streben h, h das gezimmerte Widerlager für die Streben des Lehrgerüstes bilden. c, c Streben, welche gegen die Spannriegel g, g unter den Fugen der Kranzstücke sich endigen. d, d Hängesäulen, welche paarweise diese Streben umfassen und oben und unten die horizontalen Schwellen n, n

tragen. e, e gußeiserne Füße. m, m Schallatten auf den Kranzstücken f.

Kann die vorhergehende Verbindung nicht gebraucht werden, so kann man ein Sprengwerk anbringen, das aus zwei geneigten Streben und einem Spannriegel besteht, und welches einen Theil der Streben des Lehrbogens trägt. Diese Verbindung und alle ähnlichen verlangen, daß der Bogen von einer Seite her nicht schneller, als von der andern gebaut werde, weil jeder ungleiche Druck auf die beiden Hälften des Lehrgerüstes dieses verschiebt und ihm eine andere Form giebt.

Fig. 97 zeigt ein Lehrgerüste aus einem Spannwerke von zwei geneigten Streben b, b und dem Spannriegel c, auf welches die Streben g der Kranzstücke a, a sich stützen. e und d sind die gezimmerten Träger des Lehrgerüstes.

Mittel zum Ausrüsten der Lehrgerüste. Ist der Bogen gebaut, so wird das Lehrgerüste abgebrochen; es wird ausgerüstet. Um dieses zu bewerkstelligen, wird bei großen Bögen eine Anordnung von Keilen gebraucht, mit deren Hülfe das Lehrgerüste nach und nach erniedrigt und von dem Bogen gelöf't werden kann. Man bringt hierzu auf der obern Fläche des Balkens, der die gezimmerte Widerlage bildet, Stufen an, in welche Keile passen, auf welchen ein an der untern Fläche gleichgestalteter Balken liegt. Die Streben stützen sich gegen diesen obern Balken und sind entweder unmittelbar in diesen eingezapft oder stehen in gußeisernen auf denselben befestigten Schuhen.

Die Ausrüstung beginnt mit dem Zurücktreiben dieser Keile.

Ruhen die Streben auf Trägern zwischen den Widerlagern, so kann man unter die Streben doppelte Keile legen, oder aber die Schallatten auf

solchen anbringen. Die letzte Anordnung erlaubt, irgend einen Theil des Lehrbogens von der Wölbung zu entfernen, anstatt, wie bei der andern Ausrüstung, die ganze Wölbung auf einmal freizustellen. Diese Methode wurde bei den Lehrgerüsten der Grosvenorbrücke angewendet, und zeigt sich dabei vollkommen zweckmäßig, um die Theile des Bogens nach und nach setzen zu lassen und die Ausrüstung auszuführen.

Bänder und Zangen für die Rippen. — Dient eine Reihe von Zimmerwerken zu demselben Zwecke, wie, z. B., die Straßenbäume einer Brücke, die Gespärre eines Daches, die Rippen eines Lehrgerüstes, so muß man diese unter sich verbinden und gegeneinander steifen, um jedes Verschieben und seitliche Biegen zu verhindern. Hierzu werden Hölzer in horizontaler Lage angebracht, welche mit jedem Zimmerwerke verkämmt sind und so das Ganze zusammenhalten, während andere in diagonaler Richtung zwischen jedem Paare der Zimmerwerke liegen und jedes Verschieben verhindern. Beide, die Bänder und die diagonalen Zangen, sind entweder einzelne Balken, oder sie sind paarweise angebracht und schließen die Theile der zu verbindenden Zimmerwerke zwischen sich ein.

Fugen. — Die Form und die Anordnung der Fugenschnitte hängt von der gegenseitigen Lage der Balken und dem Zwecke der Verbindung ab.

Verbindungen von Hölzern geschehen in mancherlei Weise, entweder an den Enden, oder in der Mitte, oder nach der Länge der Hölzer. Bei allen Verbindungen muß man darauf sehen, daß die Ebene, in welcher die Achsen der beiden verbundenen Hölzer liegen, die Ebene sei, in welcher der Angriff auf das Zimmerwerk geschieht; daß ferner die Theile alle ineinandergreifen, wenn das Zimmerwerk zusammenge-

setzt ist, und daß man jeden Theil wegnehmen könne, ohne das Uebrige aus der Verbindung zu bringen. Die einfachsten Formen, mit welchen man den Zweck erreicht, sind gewöhnlich die besten, da sie ein besseres Ineinanderpassen der Theile erleichtern.

Bei'm Zurichten der Fugenschnitte muß man dem Setzen, rühre dieses vom Schwinden des Holzes oder vom Nachgeben desselben gegen Druck her, Rechnung tragen. Dies geschieht dadurch, daß man bei'm Aufschlagen des Zimmerwerks in den Fugen soviel Spielraum läßt, daß diese sich erst schließen, wenn das Zimmerwerk vollständig in Ruhe gekommen ist. Fugen mit ebenen Flächen bieten in dieser Beziehung mehr Schwierigkeiten dar, als solche mit krummen Flächen, da bei den letzten die Hölzer in Berührung bleiben, auch wenn in der relativen Lage derselben eine kleine Aenderung vorkommt, während bei den ersten der Druck nach dieser Aenderung durch eine schiefe Kante oder ein Eck fortgepflanzt werden muß, welches durch diesen Druck abbricht, von denen die Theile des Zimmerwerkes sich vielleicht mit einander drehen können.

Die Oberfläche, welche einen Druck fortzupflanzen hat, sollte so groß, als möglich, sein, damit die Theile nicht zerdrückt werden; und diese Oberfläche sollte soviel, als möglich, rechtwinklich auf der Richtung dieses Druckes sein.

Ein dünnes Blatt von Eisen oder Blei kann da zwischen die Oberflächen der Verbindung gelegt werden, wo die Größe des Drucks das Zersplittern des einen Theils befürchten läßt.

Um die Flächen der Fugen fest aneinander zu bringen und um die Hölzer festzuhalten, braucht man Keile und Nägel von hartem Holze. Die Keile werden in rechteckige Höhlungen eingetrieben; zu den Holznägeln werden die Hölzer verbohrt. Bei beiden

muß man das Antreiben nicht so weit treiben, daß das Holz zerspaltet.

Um Verbindungen, die einem starken Zuge ausgesetzt sind, zu sichern, werden Bolzen, Klammern und Bänder von Eisen angewendet, welche man in den Richtungen anbringt, in denen sie am besten der Trennung der Verbindung widerstehen. Die Bolzen muß man da anbringen, wo sie die Verbindung am wenigsten schwächen.

Holzverbindungen nach der Länge. — Liegen die zu verbindenden Hölzer in einer Linie, so hängt die Art der Verbindung von der Richtung des Druckes ab. Geht dieser auf Zusammendrücken, so werden die Hölzer Hirn auf Hirn gestellt und gegen das Abgleiten nach der Seite durch vier kurze Stücke geschützt, welche durch Bolzen fest unter sich und mit dem Balken verbunden sind. Die Verbindung, das Wangen eines Holzes, wird nur bei rohen Arbeiten gebraucht. Sie kann auch gebraucht werden, wenn nur Ausdehnung vorkommt; in diesem Falle kann man die kurzen Stücke verplatten, oder durch Schließen von hartem Holze, welche in schwalbenschwanzartigen Vertiefungen in die Balken und die kurzen Stücke eingreifen.

Fig. 98 zeigt, wie zwei Balken a und b Hirn auf Hirn aneinander geschichtet und durch Seitenstücke c und d, welche durch Bolzen festgehalten werden, verbunden sind.

Fig. 99 stellt ein gewangtes Holz dar, bei welchem die Wangen c und d entweder mit dem Holze verplattet, oder durch Schließen e, e verbunden sind.

Die Verscherbung, Verplattung kann für jeden der beiden obengenannten Zwecke gebraucht werden. Man nimmt hierzu an den zusammenstoßen-

den Enden von jedem Holze die Hälfte weg, und legt die Hölzer mit den bleibenden Hälften aufeinander und treibt endlich das Ganze durch Bolzen und Bänder aneinander; oder man läßt jedes Holz am Ende in einen dreieckigen Einschnitt des andern passen, und hält dies durch eiserne Klammern zusammen. Diese letzte Methode wird besonders bei rundem Holze angewendet.

Fig. 100 zeigt eine Verplattung, welche durch eiserne Platten **c**, **c**, Schleißen **d**, **d** und Bolzen verstärkt ist.

Sind der Länge nach zusammengestoßene Hölzer einem Querdrucke ausgesetzt, so wird gewöhnlich eine Verplattung gebraucht und die Verbindung durch eine untergelegte eiserne Platte verstärkt, welche durch Bolzen an die Hölzer gepreßt wird. Die Verplattung ist hierbei gewöhnlich und besser eine schiefe, bei welcher der Fugenschnitt zuerst rechtwinkelig auf die Oberfläche bis zu $\frac{1}{3}$ der Tiefe eingeht, dann schief abwärts bis zu $\frac{2}{3}$ und endlich rechtwinklig auf diesen Schnitt bis durch das Holz.

Fig. 101 stellt eine schiefe Verplattung für einen Querdruck vor, welche durch ein untergelegtes Holzstück **c**, das mit den Hölzern durch eiserne Bänder **d**, **d** und Schleißen **e**, **e** verbunden ist, verstärkt wird.

Ist die Verbindung einem Längenzuge und einem Querdrucke zugleich ausgesetzt, so muß die Verplattung passend darnach verankert werden. Die eine in Fig. 102 dargestellte Verplattung ist eine der gebräuchlichsten und passendsten. Eine keilförmige Schleiße von hartem Holze ist in eine Vertiefung eingetrieben, welche die Hölzer fest aneinander zieht und zugleich als Widerlager gegen das Auseinanderziehen dient. Bei dieser Verbindung werden die Theile, welche an die Schleiße stoßen, zusammengedrückt, während die unmittelbar über oder unter der Schleiße

liegenden Theile ausgedehnt sind. Diese Theile müssen gleiche Stärke und also einen gleichen Querschnitt haben. Die Länge der Verplattung muß nach dem Widerstande bemessen werden, mit welchem das Holz dem Zerspalten widersteht, verglichen mit seinem Widerstande gegen Ausdehnung und Zusammendrückung.

Fig. 103 zeigt eine Verplattung, durch welche einem Zuge nach der Länge und einem Querdrucke entgegengearbeitet werden soll. Die Verbindung ist durch eine eiserne Platte, die durch Schraubenbolzen festgehalten wird, verstärkt. Die keilförmige Schleiße preßt alle Theile fest ineinander.

Stoßen die Hölzer unter einem Winkel zusammen, so können sie an den Enden entweder verplattet oder verscheert werden. Im ersten Falle wird von jedem Holze an der Verbindungsstelle die Hälfte weggeschnitten und die bleibenden Hälften aufeinander gelegt; im zweiten wird an das eine Ende ein Zapfen angeschnitten, für welchen am andern Holze ein entsprechender Einschnitt ausgearbeitet wird.

Verbindungen des Endes des einen Holzes mit der Seite des andern. Hier gebraucht man das Einzapfen. Die Form der Zapfen hängt von dem Winkel ab, in welcher die Hölzer zusammenstoßen. Ist dieser Winkel ein rechter, so steht der Zapfen in der Verlängerung des Holzes, an dessen Ende er angeschnitten wird. Bei schief verbundenen Hölzern wird gewöhnlich das Ende des auf dem andern sitzenden Holzes nach zwei unter rechtem Winkel zusammenstoßenden Linien abgeschnitten und daran noch ein kleiner Zapfen stehen gelassen.

Fig. 103 zeigt eine Zapfenverbindung zweier Hölzer unter rechtem Winkel.

a Zapfen an dem Holze A.

b Zapfenloch.
c Bohrloch zur Aufnahme eines hölzernen Nagels.

Diese Zapfenverbindungen haben vielfache Formen erhalten. Zuweilen hat man kreisförmige Fugen besser gefunden, als ebene; zuweilen hat man doppelte Zapfen gebraucht.

Fig. 104 zeigt eine Verbindung zweier schiefer Hölzer durch einen Zapfen; die Verbindung ist durch einen Schraubenbolzen verstärkt.

Bandfugen. Die eben betrachteten Verbindungen widerstehen einem Zusammendrücken und daher folgenden Uebereinandergleiten; diese sollen dem Auseinandergehen durch Zug entgegenwirken. Die einfachste und festeste Form dieser Fuge ist die kreuzförmige Verplattung, wenn die Hölzer übereinander fortgehen, und der Schwalbenschwanz, wenn das Ende der einen mit der Seite des andern zusammentrifft. Diese Verbindungsweise wird sehr häufig gebraucht; für starkes Zimmerwerk mit sehr großem Zuge ist sie aber nicht passend, da sie leicht durch das Schwinden lose wird.

Zimmerwerk von Eisen. Gußeisen und Schmiedeeisen werden hierzu verwendet. Das erstere ist passender, wo große Stärke mit bedeutender Steifheit verlangt wird; das letztere für leichteres Zimmerwerk, wo hauptsächlich ausdehnende Kräfte vorkommen.

Fig. 105 zeigt eine schwalbenschwanzförmige Verplattung mit einem Holznagel c.

Bei Eisenverbindungen gelten diese Grundsätze, wie bei Holz.

Gußeisen wird leicht in die der Stärke angemessensten Formen gebracht. Die Dimensionen muß man übrigens innerhalb gewisser praktischer Grenzen halten, die von der Schwierigkeit des Gusses und

der Handhabung sehr schwerer Stücke und von der Schwierigkeit, sehr große Stücke von gleichförmiger Art zu erhalten, gegeben sind. Bei der Anordnung von eisernen Verbindungen muß man darnach trachten, den einzelnen Theilen Gleichheit der Form und Dimensionen zu geben, um Arbeit und Kosten zu sparen; und muß so weit als möglich den Theilen jedes einzelnen Stückes gleiche Querschnitte geben, um das Zerreißen bei'm Abkühlen des Gusses zu vermeiden.

Schmiedeisen kann in die passendsten Formen gehämmert oder gewalzt werden; in der Regel gebraucht man nur rechtwinkliges oder rundes Eisen.

Die Fugen werden nach denselben Grundsätzen, wie bei anderm Material, gestellt und durch Keile, Schleißen, Schraubenbolzen ꝛc. zusammengehalten.

Eisenverbindungen für Querdruck. — Gußeiserne Balken, denen man für den vorkommenden Druck passendste Form giebt, werden bei mittleren Spannweiten zum Tragen eines Querdruckes gebracht; schmiedeiserne Stangen wendet man nur bei ganz kurzen Spannweiten an.

Offene gußeiserne Balken werden nur selten außer Verbindung mit gußeisernen Bögen gebraucht; dagegen sind solche von Schmiedeisen von vielfältiger Anwendung. Sie können aus zwei parallelen Schienen gebildet sein, welche durch diagonale Stäbe verbunden sind, wie ein gewöhnliches Gitter; oder es kann ein gebogener Stab zwischen die beiden Schienen gebracht werden, oder irgend eine andere Verbindung, welche Leichtigkeit mit Festigkeit und Steifheit verbindet

Fig. 106 zeigt einen offenen Balken von Schmiedeisen, der aus einer obern und untern Schiene **a** und **b** mit einem gebogenen Zwischenstücke besteht. Das Ganze wird durch paarweise angebrachte kurze Stäbe

c, c, welche durch Schrauben verbunden sind, zusammengehalten.

d, e und f sind Theile eines leichten gekrümmten Daches, das mit dem offenen Balken verbunden ist.

Eiserne Bögen. Gußeiserne Bögen werden zu denselben Zwecken verwendet, wie solche von Holz. Das Gerippe derselben besteht aus mehren parallelen Rippen von gleichen Dimensionen, welche in die Bogenform gegossen und durch horizontale Bänder und diagonale Streben verbunden sind. Das Gewicht des Ueberbaues kann auf diese Rippen auf mancherlei Weise übertragen werden, gewöhnlich durch einen gegossenen durchbrochenen Balken, welcher sie an den Bogen anschließt. Diese Balken werden ebenso durch Bänder und diagonale Streben verbunden.

Jede Rippe, mit Ausnahme ganz kurzer Spannweiten, wird aus verschiedenen Theilen oder Segmenten zusammengesetzt, zwischen welchen jedesmal eine Fuge in der Richtung des Krümmungshalbmessers liegt. Diese Segmente sind unter sich gleich; sie sind entweder geschlossene oder durchbrochene Platten von gleicher Dicke, mit einer Flantsche von gleichbleibender Breite ringsherum. Diese Flantsche dient sowohl zur Vermeidung einer seitlichen Biegung des Segmentes, als zur Verbindung der Segmente unter sich und mit den daranstoßenden Theilen der Construction.

Fig. 107 zeigt einen Theil eines gußeisernen Bogens mit einem darauf liegenden gußeisernen durchbrochenen Balken.

A, A Segmente des Bogens.

B, B Theile des offnen Balkens, welche in den Fugen a, b zusammengeschraubt sind.

Die Rippen sind durch Platten verbunden, welche zwischen die Fugen der Segmente eingeschoben und

mit diesen zusammengeschraubt sind; diese Bänder sind gewöhnlich durchbrochen, um sie leichter und wohlfeiler zu machen.

Dieses Gerippe erhält noch größere Steifheit durch diagonale Streben, welche entweder mit den Rippen oder mit den Bändern verbunden sind. Diese Streben bestehen in Einem Stücke; sie sind gerippt und von der Mitte nach den Enden abnehmend dick, um Stärke mit Leichtigkeit zu verbinden.

Der offene Balken, welcher auf den Bögen ruht, ist in einer passenden Zahl von Fächern gegossen; die Fugen zwischen diesen stehen entweder in der Richtung des Krümmungshalbmessers, oder sie sind vertical. Auch diese Stücke sind mit Flantschen gegossen, um sie sowohl unter sich als mit den andern Theilen zu verbinden. Diese Balken sind wie die Bögen durch Bänder verbunden und durch Streben gegeneinander gestützt.

Balken von passender Form werden endlich der Länge nach oder quer über diese offenen Balken gelegt.

Bögen aus Röhren sind seit wenigen Jahren mit Erfolg versucht worden und versprechen die gewöhnlichen platten Rippen zu verdrängen, da sie bei demselben Gewichte mehr Festigkeit gewähren.

Fig. 108 zeigt eine Seitenansicht A und einen Querschnitt B durch einen Sattel einer der Röhren des Major Delafield.

a, a (Fig. A) ist eine Seitenansicht, (Fig. B) eine Endansicht der elliptischen Flantsche am Ende jedes Segmentes.

b, b sind Rippen, welche diesen Flantschen mehr Stärke geben.

c die Platte zwischen zwei Segmenten.

f (Fig. B) Vorsprung an dieser Platte, welcher in das Innere der Röhre paßt.

d, d Sättel zur Aufnahme des durchbrochenen Baums, der dem in Fig. 107 ähnlich ist.

e Querschnitt der Röhre durch den Sattel.

Die Anwendung von Röhrenrippen geschah in den Vereinigten Staaten zuerst durch den Major Delafield bei den Staatsingenieuren in einem Brückenbogen von 80 Fuß Spannweite. Jede Rippe ist aus neun Segmenten zusammengesetzt; jedes Segment ist in Einem Stücke gegossen, sein Querschnitt ist ein elliptischer Ring von durchaus gleicher Dicke, die große Axe der Ellipse in der Richtung des Krümmungshalbmessers gestellt. Eine breite elliptische Flantsche mit Rippen ist an jedem Ende des Segmentes angegossen, um die Theile zu verbinden; und drei Stühle oder Sättel sind auf der Außenseite an die Röhre angegossen, um den offenen Balken auf dem Bogen festzuhalten.

Die Rippen sind durch ein durchbrochenes Band verbunden. Vorspringende elliptische Ringe, welche an diese Bänder da angegossen sind, wo sie mit den Rippen zusammentreffen, werden genau in die Röhren eingepaßt.

Diese Bänder bilden die einzige Verbindung zwischen den Rippen. Die beiden Flantschen und die vorspringenden Ringe an den Bändern geben hinreichende Steifheit.

In Frankreich sind Röhren mit elliptischem Querschnitte bei vielen Brücken angewendet worden. Zuerst wandte sie Poloncеau an, nach dessen Zeichnungen der größere Theil dieser Bauten ausgeführt wurde. Hierbei besteht jede Rippe aus zwei symmetrischen Theilen, welche der Länge nach in einer verticalen Fuge zusammenstoßen. Jede Hälfte der Rippe ist aus Segmenten zusammengesetzt, welche mit denen der andern Hälfte die Fugen wechseln.

Die Segmente haben Flantschen oben und unten und an jedem Ende; die Hälften der Rippen werden durch Bolzen durch die obern und untern Flantschen verbunden, die Segmente durch die Endflantschen.

Fig. 109 ist eine Seitenansicht **A** und eine Endansicht **B** und Querschnitt **C** von Polonceau's Röhrenbögen.

a, a obere Flantsche, **b, b** untere Flantsche der Halbsegmente, welche in der Fuge **c, d** in der Richtung der Axe der Röhre zusammenstoßen.

g h die Fuge zwischen den Flantschen **e, e.**

m innere Seite der Flantsche.

o Querschnitt der Röhre mit der obern und untern Flantsche.

f, f dünne Keile von Schmiedeisen, durch welche die Theile gerichtet werden.

Um die Lage der Segmente zu richten und dem Ganzen eine passende Spannung zu geben, werden schmiedeiserne Keile zwischen die Segmentfugen eingetrieben, welche später durch die Bolzen in ihrer Lage erhalten werden.

Um die Rippen unter sich zu verbinden, sind eiserne Röhren zwischen ihnen angebracht, welche sich genau an die Rippen anlegen. Eiserne Stangen gehen durch diese Röhren und die Rippen, und dienen, um die Rippen fest gegen diese Röhren zusammenzuziehen. Endlich sind diagonale Streben zwischen den Rippen angebracht, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben.

Bei den Brücken, welche Polonceau nach diesem Plane baute, werden die Streckbalken der Brükkenbahn durch gußeiserne Ringe getragen, welche an den Rippen und unter sich fest verbunden sind und ein passendes Lager für jene Balken tragen.

Eiserne Dachstühle. Man hat eiserne Dachstühle entweder nur aus Schmiedeisen und Gußeisen

oder endlich aus diesen beiden Materialien in Verbindung mit Holz. Die Verbindung zu eisernen Dachstühlen sind in jeder Beziehung dieselben wie bei Holz. Die Theile des Daches, welche einem Querdruck oder einer Zusammendrückung zu widerstehen haben, erhalten hierzu die passendste Form. Die Theile, welche einem Zuge ausgesetzt sind, wie die Balken und Hängsäulen, werden von Schmiedeisen oder von Holz genommen. Die Verbindungen der Hölzer oder Barren werden zuweilen dadurch, daß man die Enden in passende gußeiserne Schuhe eintreten läßt, gebildet, zuweilen werden die Verbindungen ähnlich denen des Holzes hergestellt; immer wird die Verbindung durch eiserne Bolzen oder Schließen gesichert.

Fig. 110 zeigt die Hälfte des Dachstuhls aus Schmiedeisen für die neuen englischen Parlamentshäuser. Die Theile dieses Dachstuhls sind rechteckige eiserne Stangen; die Verbindungen sind durch gußeiserne Schuhe hergestellt, in welchen die Barren durch Schrauben befestigt sind.

Biegsame Träger. Ketten und Seile werden als Träger häufig gebraucht, indem aus diesen Hängewerke gebildet werden, an welchen entweder die zu tragende Last aufgehängt ist, oder welche unmittelbar oder durch feste Stützen tragen.

Bei all' diesen Anordnungen wird der verticale Druck der Last in einen Zug nach der Richtung der Kettenlinie verwandelt. Das Material wird also hier in der Weise in Anspruch genommen, in welcher es den größten Widerstand leistet, und zugleich kann man hier mehr, wie bei unbiegsamen Verbindungen, die Dimensionen dem zu leidenden Zuge genau anpassen. Diese Constructionen bieten noch den weiteren Vortheil, daß bei ihnen das Zusammenpassen der Theile besser geschehen kann, und daß man ein-

zelne Theile leicht zur Reparatur wegnehmen kann. Sie leiden auf der andern Seite an dem Nachtheil, daß sie ihre Form und Dimensionen durch die Einwirkung der Witterung ändern, und daß sie schweren Zufällen durch die Schwankungen und Schwingungen unterworfen sind, welche starke Windströmungen und das Darüberfahren von schweren Lasten hervorbringen. Sie verlangen deßhalb, daß die Fixpunkte des Systems sehr fest und dauerhaft seien, und eine sehr sorgfältige Beachtung oder fortdauernde Ausbesserungen.

Fig. 111 stellt die Hälfte des Dachstuhls für dasselbe Gebäude vor, aus Schmied- und Gußeisen zusammengesetzt.

a, a gerippte Streben aus Gußeisen.

b, b Hängsäulen aus Schmiedeisen.

m, n Zugstangen.

e, e und f, f Querschnitte von Balken, welche in den gußeisernen Schuhen der Hängsäule liegen.

Fig. 112 zeigt die Anordnung der Verbindung bei e in Fig. 111.

A Seitenansicht.

a Hauptstrebe von Querschnitt B.

b Sparren mit dem Querschnitt C.

c Querschnitt eines Dachriegels und Befestigung des Sparrens darauf.

d gußeiserner Schuh zur Verbindung der Stücke a, b, c und e.

Eine Kette oder ein Seil, das an beiden Enden befestigt ist, nimmt durch die Schwerkraft, nachdem es in Ruhe gekommen ist, die Form einer Kettenlinie an, ob die beiden Enden in gleicher oder ungleicher Höhe liegen. Die relative Höhe der beiden Fixpunkte kann nach der Localität gewählt werden.

Das Verhältniß des Pfeils der Kettenlinie zur Spannweite kann ebenso von der Oertlichkeit und

dem Zwecke des Hängewerks abhängig gemacht werden. Je größer die Spannweite im Verhältniß zur Größe des Pfeils wird, desto stärker ist die Spannung in der Kette, desto größere Festigkeit muß daher diese haben. Je größer aber der Pfeil gegen die Spannweite wird, desto länger wird bei gleicher Spannweite die Kette.

Die Ketten können entweder an den Enden der Curve auf Pfeilern befestigt sein, oder sie liegen auf diesen und sind außen verankert.

Fig. 113 zeigt eine Kette **a b c d e**, welche auf zwei Pfeilern f, f und in **a** und **e** verankert ist, an welcher ein horizontaler Balken **m n** durch Tragstangen aufgehängt ist.

Fig. 114 zeigt eine Kette, welche auf einem einzigen Pfeiler liegt.

Die Oertlichkeit entscheidet die Wahl zwischen beiden Methoden. Die letztere wird allgemein angewendet, besonders bei hohen Pfeilern, wo durch den Zug ein Bruch im Pfeiler zu befürchten ist, und weil bei ihr die Veränderlichkeit der Spannung durch Temperaturwechsel oder bewegliche Belastung weniger hervortritt.

Gehen die Ketten über Pfeiler und sind eine Strecke hinter diesen verankert, so können sie auf dem Pfeiler auf einem gußeisernen Sattel liegen oder über Rollen gehen, die auf dem Pfeiler befestigt sind.

Die Punkte, an denen die Verankerung der Ketten Statt findet, giebt die Localität. Die beiden von dem Pfeiler herabhängenden Kettentheile können dabei mit der verticalen Achse des Pfeilers gleiche oder ungleiche Winkel bilden. Im ersten Falle geht die mittlere aus beiden Spannungen durch die Achse des Pfeilers vertical abwärts; im andern findet ein schiefer Druck auf den Pfeiler Statt; die resultirende aus beiden Spannungen muß noch weit genug in

die Basis des Pfeilers fallen, um dem Zerdrücken der Steine zu begegnen.

Die Verankerung geschieht gewöhnlich durch Massen von Mauerwerk von passender Form über oder unter der Bodenfläche, wie es die Oertlichkeit verlangt. Der Widerstand, welchen sie der Kette entgegensetzen muß, hängt von der Lage der Kette ab. Machen beide Zweige der Kette gleiche Winkel mit dem Pfeiler, so ist es hauptsächlich die Festigkeit des Mauerwerkes, durch welche die Verankerung hält. Machen die Zweige der Kette ungleiche Winkel mit dem Pfeiler, so wird häufig das verankerte Ende vertical aufwärts gekrümmt und so befestigt, daß das Gewicht des Widerlagers beiträgt, dem Zuge der Kette zu widerstehen. In diesem Falle müssen an den Umbiegungspunkten der Kette feste Rollen an sehr starken Trägern angebracht sein.

Wo es nur möglich ist, sollte das Widerlager mit dem Pfeiler verbunden sein, um die Stärcke des ersten zu erhöhen.

Die Verbindung der Kette mit den Widerlagern muß so angeordnet sein, daß man die Theile leicht prüfen kann. Die Ketten werden an diesem Punkte zuweilen mit fettem Kalke übergossen, um sie vor dem Rosten zu schützen.

Die Ketten können über oder unter den zu tragenden Bau gelegt werden. Im ersten Falle ist die Stabilität größer als im zweiten; aber es werden dort höhere Pfeiler verlangt, und die Ketten können in der Regel nicht so zweckmäßig angeordnet werden, wie im letzten Falle. Die Curven können aus einer oder mehren Ketten bestehen; in der Regel zieht man mehre Ketten einer einzelnen vor, da sie bei demselben Gewicht mehr Stärke haben, sorgfältiger gearbeitet werden können, man mehr gegen Unglücksfälle geschützt ist, und das Legen und Auswechseln der Kette

leichter ist. Die einzelnen Ketten einer Curve können entweder neben- oder übereinander angebracht werden, wie es die Umstände erlauben.

Die Curven werden entweder aus Ketten oder Drahtseilen oder aus Bändern von Bandeisen gebildet. Jede dieser Methoden hat ihre Fürsprecher unter den Ingenieuren gefunden. Die, welche die Drahtseile vorziehen, heben hervor, daß diese weniger Zufällen unterworfen sind, als die Ketten; daß bei diesen das Material weniger gleichmäßig und die Stärke weniger dem Gewichte proportional sei, als bei den Drahtseilen, daß Eisenstäbe leichter fehlerhafte, dem Auge sich nicht zeigende Stellen haben können, als Draht, daß die Proben, denen man die Stäbe unterwirft, diese Fehler vergrößern können, ohne sie anzuzeigen, und daß endlich die Herstellung und das Legen der Drahtseile weniger kostspielig und zeitraubend sei, als das der Ketten. Die Widersacher der Drahtseile behaupten, daß diese denselben Einwürfen, wie sie gegen die Ketten aufgestellt werden, ausgesetzt seien, daß sie der Oxydation eine größere Oberfläche bieten, und daß man durch kein Mittel die Feuchtigkeit vom Eindringen in das Seil zurückhalten könne, wodurch ein schnelles Rosten entstehe.

Daß in diesen, wie in allen ähnlichen Discussionen den vorgebrachten Einwürfen ein übertriebener Grad von Wichtigkeit beigelegt worden ist, unterliegt keinem Zweifel. Die Erfahrung hat gelehrt, daß jede der genannten Methoden mit Sicherheit bei den schwersten Constructionen angewendet werden kann, und daß, wo eine gefehlt hat, dieses solchen Fehlern der Ausführung oder des Materials zuzuschreiben war, welche leicht bei neuen Bauten vermieden und umgangen werden können. Die Zeit allein kann den Entscheid über den Vorzug einer der beiden Methoden geben, und wie weit jede derselben mit Vortheil

an der Statt von Bauten aus steiferem Material gebraucht werden kann.

Die Ketten können aus rundem, quadratischem oder flachem Eisen hergestellt werden. Die Ketten aus flachem Eisen sind die gewöhnlichsten. Sie sind aus langen Gliedern durch kurze Platten und Bolzen zusammengesetzt. Jedes Glied besteht aus mehren Barren von gleicher Länge, von denen jeder an beiden Enden zur Aufnahme des Bolzens durchbohrt wird. Die Barren eines Gliedes sind entweder unmittelbar aneinander gelegt, und die Glieder sind dann durch Platten, welche ein kurzes Kettenglied bilden und Bolzen verbunden, oder die Barren in zwei aufeinanderfolgenden Kettengliedern liegen zwischen einander und sind unmittelbar mit Weglassung der Platte durch den Bolzen vereinigt.

Die Kettenglieder, welche auf dem Pfeiler aufliegen, sind entweder gebogen oder kürzer, um der Kette ein besseres Anliegen auf dem Pfeiler zu gestatten.

Die Hängstangen können rund oder quadratisch sein. Sie sind gewöhnlich einmal oder mehrfach gegliedert, um ihr Nachgeben gegen die Schwankungen zu erleichtern. Sie sind entweder an den Verbindungsbolzen der Kette aufgehängt, oder sie hängen in einem Sattel, welcher auf der Kette aufliegt und so die gleichmäßige Vertheilung des Drucks auf die Kette vermittelt. Das untere Ende der Hängestange ist für das Tragen passend geformt.

Die Drahtseile sind aus Drähten gebildet, welche nebeneinander gelegt sind, so daß sie einen Cylinder bilden; sie werden durch spiralförmig darum gewundenen Draht zusammengehalten. Um das Seil zu bilden, werden zuerst Seilstücke von gleicher Länge gebildet. Dies kann dadurch geschehen, daß man die erforderliche Anzahl Drähte alle gleich lang abschnei-

det und sie nebeneinanderlegt, oder daß man die Drähte hintereinander anknüpft und über zwei hufeisenförmige Stücke windet, welche in der Entfernung aufgestellt sind, die der Größe des Seilstückes gleich ist. Diese Seilstücke werden mit den Enden an zwei Eisenstücke, die Cruppers, befestigt und die Drähte vorläufig an mehren Punkten mit spiralförmigen Drahtschlingen zusammengehalten. Welche von beiden Methoden man befolgt, muß man große Sorge tragen, daß alle Drähte gleichmäßig gespannt werden. Das Seil wird vollendet, wenn die Seilstücke über die Pfeiler gelegt und mit den Ankerstücken des Seils verbunden sind; dazu werden die vorläufigen Schlingen um die Drähte gelöst und alle Seilstücke vereinigt und in die cylindrische Form gebracht, indem man die ganze Länge der Kette, mit Ausnahme der Stellen, welche auf den Pfeilern aufliegen, mit einer Spirale von Draht umwickelt. Der Theil des Seils, welcher auf dem Pfeiler aufruht, wird nicht gebunden, sondern über das Sattelstück in gleicher Dicke ausgebreitet.

Die Seilstücke zum Anhängen der Last werden zuweilen in gleicher Weise, wie die Kette selbst gebildet; gewöhnlich läßt man an jedem Ende eine Schleife, welche um einen eisernen Crupper gebildet ist, um sie mit der Kette und mit der Last durch geeignete Sattelstücke zu verbinden.

Um die Seile vor Oxydation zu schützen, werden die Drähte überfirnißt, ehe sie zu Tauen zusammengelegt werden, und nachdem das Seil gebildet ist, wird dieses nochmals mit einem passenden Firniße überzogen.

Festigkeit von Zimmerwerk. Experimentelle Untersuchungen hierüber beschränkten sich meistens auf sehr kleine Modelle, da Versuche mit Zimmer-

werk von gewöhnlichen Dimensionen viele Kosten verursachen und viele Schwierigkeit haben.

Unter die bemerkenswerthesten Versuche in großem Maßstabe gehören die, welche auf Anordnung der französischen Regierung unter der Leitung des Herrn Riebel zu Lorient angestellt und in den **Annales Maritimes et Coloniales, Fev. et Nov. 1837** beschrieben wurden.

Die Versuche wurden nach dem Auffchlagen des Zimmerwerks erst begonnen, nachdem sich dasselbe durch sein eigenes Gewicht gesetzt hatte, wobei man in gleichen Entfernungen an Seilen Lasten aufhing, welche eine über den Rücken des Zimmerwerks gleichmäßig verbreitete Last vorstellen.

Die Resultate in der folgenden Tafel beziehen sich auf Versuche mit einem Gespärre für das Dach einer Schiffswerfte, wie Fig. 115 zeigt. Dieses besteht aus zwei Sparren und einem Balken mit Hängesäulen, die paarweise vorhanden sind, und diagonalen eisernen Bolzen, welche angebracht waren, weil es nothwendig war, den Balken zusammenzuschäften. Die Spannweite des Gespärrs war 20 Meter; die Neigung der Sparren hatte 1 Höhe auf 4 Basis. Die Dicke der Hölzer war horizontal gemessen 6 Centimeter und die Höhe 46 Centimeter. Die durch die Belastung hervorgebrachte Senkung wurde für jedes einzelne Seil beobachtet.

Belastung des Gespärres.	Senkung des Rückens des Gespärres in Centimetn.				
	50 Centimeter v. der Firste.	1M,5 von der Firste.	2M,5 von der Firste.	3M,5 von der Firste.	4M,5 von der Firste.
Gleichförmig verbreitetes Gewicht, 750 Kilogr.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Gleichförmig vertheiltes Gewicht, 3935 Kilogr.	4,0	3,3	4,8	4,6	2,9
Gleichförmig vertheiltes Gewicht, 750 Kilogr. und 620 Kilogr., in der Mitte aufgehängt .	1,0	1,3	1,0	0,7	0,5
Gleichförmig vertheiltes Gewicht, 3935 Kilogr. und 620 Kilogr., in der Mitte aufgehängt .	5,1	5,3	5,8	5,3	3,0

Die folgende Tafel giebt die Resultate, welche bei Dächern von gewöhnlicher Form mit geraden und krummen Hölzern erhalten wurden. Die gekrümmten Stücke waren aus zwei Dicken, jede von 9 Centimeter Dicke, gebildet. Die Zahlen in der fünften Spalte geben das Verhältniß zwischen dem Gewichte des Zimmerwerks und der getragenen Belastung, bei welcher die Elasticität noch nicht aufhört.

Bezeichnung des Daches.	Spannweite.	Höhe des Dachs.	Dicke der Hölzer.	Horizont. Weite derselben.	Verhältniß zwischen d. Gewicht des Dachs u. der getragenen Last.	Gewicht das die Elasticität noch nicht änderte.	Gewicht bei d. die Elasticität sichtlich aufhörte.
						Kil.	Kil.
Zwei Sparren und ein Balken . . .	7,5	2,5	22	8	14,30	1180	1776
Ebenso mit Hängsäulen (wie in Fig. 116)	—	—	—	—	8,88	1260	2502
Ein Kreissegment mit Bindbalken (wie in Fig. 117)	16,5	3,3	30	18	3,85	2950	5550
Ebenso mit Hängsäulen (wie in Fig. 118)	—	—	—	—	2,28	4300	8200
Ein Kreisbogen mit Sparren, welche an dessen Fuß mit einem Bindbalken befestigt sind (wie in Fig. 119) . . .	—	—	—	—	3,91	2700	9900
Ein Halbkreis durch einen Balken zusammengehalten	16,8	—	—	—	1,00	1950	2300
Dasselbe mit Hängsäulen	—	—	—	—	0,91	3300	3700

Dritter Abschnitt.

Die hauptsächlichsten öffentlichen Bauten.

Erstes Capitel.

Von dem Straßenbau.

Bei der Feststellung einer Verbindungslinie, sei diese eine gewöhnliche Straße, eine Eisenbahn oder ein Canal, hat der Ingenieur hauptsächlich sein Augenmerk auf folgende Puncte zu richten: 1) die wahrscheinliche Art und Größe des Verkehrs auf dieser Linie; 2) die Anforderungen der Bewohner der Nachbarschaft dieser Linie; 3) die natürliche Beschaffenheit der Gegend zwischen den beiden Endpuncten der Linie, soweit diese die Verbindungslinie betrifft.

Der letzte Punct gehört allein in die Grenzen dieses Buchs und soll also allein betrachtet werden.

Ein sorgfältiger Augenschein und Untersuchung der Gegend muß einer genauen Prüfung durch Instrumente vorangehen, um Zeitverluste zu vermeiden, da

bei dieser schnelleren Operation durch einen erfahrenen Mann ein für die Linie unpassendes Terrain ebenso sicher ausgeschlossen wird, als dieß durch den langsameren Gebrauch der Instrumente geschehen wird. Zuvor sucht man jedoch sich auf den vorhandenen Karten zu instruiren, wobei besonders die Richtung der Wasserstraßen ihm die passenden und unpassenden Stellen angeben und die Richtung der Straße bezeichnen wird. Dieß wird deutlich, wenn man beachtet, daß 1) die Wasserstraßen nothwendig die niedrigsten Puncte ihrer Thäler sind, und daß also ihre Richtungen für ihre Thäler die Linien des größten Falls angeben; 2) daß aus der Lage der Wasserstraßen auch die Lage der Wasserscheiden, welche sie trennen, sich ergeben, welche zugleich die Linien des größten Falls sind, die beiden Abhängen gemeinschaftlich sind.

Faßt man diese Thatsachen in's Auge, so sieht man die Möglichkeit ein, auf einer sorgfältigen Karte nicht nur die Richtung der Bergrücken mit ziemlicher Genauigkeit zu zeichnen, sondern auch solche Einsenkungen derselben aufzufinden, welche einer Verbindung zweier Thäler günstig sind. Die folgenden Beispiele werden dieß klarer machen.

Wenn z. B. auf einem Theile der Karte die Wasserstraßen von einem Puncte aus divergiren oder gegen diesen zusammenlaufen, so muß im ersten Falle dieser Punct der höchste sein, im zweiten der tiefste.

Gehen zwei Wasserstraßen von einem Puncte nach entgegengesetzten Richtungen fort, so wird dieser Punct eine Einsenkung, ein Sattel in dem Rücken sein, welcher beide Thäler trennt, und dieser Punct wird die natürliche Verbindung beider Thäler geben.

Laufen zwei Wasserstraßen parallel und nach gleicher Richtung, so hat auch der Bergrücken zwischen beiden die Neigung in derselben Richtung, wie

die Wasserstraßen. Die Wasserscheide kann übrigens abwechselnd steigen und fallen, was durch die Seitenthäler der beiden Hauptthäler angezeigt wird; wo sich zwei solche treffen, dort ist der niedrigste Uebergangspunct über diese Wasserscheide zu suchen.

Fließen zwei Wasser parallel miteinander nach einer Richtung und divergiren von einem Puncte an, so ist dort der niedrigste Punct der Wasserscheide zwischen beiden.

Sind zwei Wasserstraßen parallel, fließt das Wasser aber in entgegengesetzter Richtung, so sind die niedrigsten Puncte der Wasserscheide durch die Nebenthäler oder durch das nahe Zusammentreten der beiden Hauptthäler angedeutet.

Ausgerüstet mit diesen aus den Karten genommenen Angaben, muß der Ingenieur das Terrain selbst begehen und genau untersuchen, und zwar von einem Puncte zum andern und wieder zurück, weil ohne dieses doppelte Begehen leicht etwas Wichtiges übersehen werden kann.

Pläne. — Nachdem durch die Recognoscirung die Straßenrichtung aufgefunden ist, wird eine genaue Karte dieses Zugs mit einem Längen- und Querprofile aufgenommen, und wenn mehre Züge im Vorschlage sind, von allen, um dadurch in den Stand gesetzt zu werden, diese nach ihrer Zweckmäßigkeit und ihren Kosten genau zu vergleichen. Da der Aufwand an Zeit und Kosten für diese Pläne in der Regel in gar keinen Betracht kommen kann gegen den Aufwand, den die Erbauung der Straße selbst erfordert, so muß man keine Mühe sparen, jede möglicher Weise brauchbare Linie zu untersuchen, und diese Untersuchung so genau und so vollständig als möglich anzustellen.

Diesen Plänen wird eine Beschreibung beigefügt, welche alles über das Terrain Wissenswürdigste

enthält, das nicht unmittelbar aus der Karte entnommen werden kann, wie namentlich die Beschreibung des Bodens, der Wasserläufe u. dergl.

Gewöhnliche Straßenlinie. — Bei Aufsuchung einer Linie für eine gewöhnliche Straße ist der Ingenieur weniger durch die Natur des gebräuchlichen Fuhrwerks beschränkt, als bei jeder andern Communicationslinie. Die Hauptpuncte, auf welche er zu achten hat, sind 1) die beiden zu verbindenden Puncte durch die kürzeste Linie zusammenzubringen; 2) unnöthige Steigungen und Abfälle der Straßen zu vermeiden, oder in andern Worten, die Erhebungen und Senkungen auf die kleinste nothwendige Grenze zu beschränken; 3) für die Straßenlinie nur solche Gefälle anzuwenden, als das zu gebrauchende Transportmittel zuläßt; 4) der Straßenlinie eine solche Lage zu geben, daß die Kosten der Construction für die Abgrabungen und Dämme, wie für Brücken und andere Nebendinge, möglichst klein werden.

Die kürzeste Verbindung der beiden Endpuncte der Straßenlinie ist die gerade Linie; daß man bei der Feststellung der Straßenrichtung oft von dieser abgehen muß, um passende Gefälle und kleinere Kosten zu erhalten, versteht sich von selbst; dieß findet beinahe immer beim Ueberschreiten eines Bergrückens Statt.

Durchschneidet diese gerade Linie einen Sumpf oder einen Fluß, so kann es weniger kostspielig gefunden werden, die Richtung zu ändern und den Sumpf zu umgehen, oder den Fluß an einer Stelle zu überschreiten, wo die Construction der Brücke oder der Auffahrten zu ihr besser geschehen kann, als an dem ersten Puncte.

Ebenso kann es vortheilhaft sein, die gerade Linie zu verlassen, um ein Seitenthal zu umgehen, einen bessern Grund für die Fahrbahn zu erhalten,

die Straße mehr der Sonne und dem Winde auszusetzen oder eines besseren Straßenmaterials halber.

Bei sorgfältiger Vergleichung der so zu erlangenden Vortheile, wird der Ingenieur in den Stand gesetzt, zu entscheiden, wie weit er sich ihrer wegen von der geraden Linie entfernen darf. Wählt er eine mehr gekrümmte Linie, so wird oft die Länge des Straßenzugs nicht bedeutend vermehrt, während die Kosten des Baues wesentlich vermindert werden und man vortheilhaftere Gefälle erhält, und die Größe des Auf- und Abtrags vermindert wird.

Liegen die Endpuncte der Straße wie gewöhnlich in verschiedener Höhe, so ist es nur selten ausführbar, dieselben durch eine ununterbrochene Steigung zu verbinden. Das Beste, was geschehen kann, ist den trennenden Bergrücken an seinem tiefsten Puncte zu überschreiten, und soviel wie möglich Seitenthäler zu vermeiden, in welche man von einer Seite hinabsteigen müßte, um auf der andern Seite diese Höhe wieder zu erreichen.

Das Gefälle, das man einer Straße giebt, hängt von der Art des Materials zur Bedeckung und von der Art, wie die Straßenoberfläche im Stande gehalten wird, ab. In allen Fällen soll das Gefälle kleiner sein, als das, bei dem das gebrauchte Fuhrwerk durch die Schwerkraft anfängt abwärts zu laufen.

Die Gefälle, bei welchen dieß Statt findet, sind durch Versuche ermittelt worden, indem man auf Straßen mit verschiedener Straßendecke im gewöhnlichen Stande und mit verschiedener Neigung die Stelle, auf welcher ein Fuhrwerk noch in Ruhe blieb; oder indem man die Zugkraft auf horizontalen Straßen bestimmt.

Die folgenden Resultate ergeben die Versuche von Macneil in England; sie geben die Zugkraft

auf horizontalen Straßen in Procenten der Belastung an.

Nr. 1.	Gutes Pflaster; Zugkraft .	1,4 Proc.
Nr. 2.	Bruchsteinstraße auf einer alten Kieselstraße	3,9 =
Nr. 3.	Kiesstraße	6,6 =
Nr. 4.	Schotterstraße auf einem rauhen Pflasterboden . . .	2,1 =
Nr. 5.	Schotterstraße auf einem Boden von Beton . . .	2,1 =*).

Hiernach ist der Ruhewinkel im ersten Falle $\frac{1,4}{100}$ oder $\frac{1}{68}$ nahe, und größer sollte also die Neigung einer solchen Straße nicht sein, oder die Höhe, welche man erreicht, dürfte nicht über den 68. Theil der horizontal gemessenen Straßenlänge sein, wenn die Reibung die Wirkung der Schwerkraft bei'm Herabrollen aufheben soll.

Eine gleiche Rechnung zeigt, daß der Ruhewinkel für die anderr Straßen sich wie folgt ergiebt:

Nr. 2	$\frac{1}{33}$
Nr. 3	$\frac{1}{15}$
Nr. 4 und 5 . . .	$\frac{1}{49}$

Diese Zahlen, welche zwischen $\frac{1}{33}$ und $\frac{1}{49}$ für die gewöhnlich gebrauchten Straßen liegen und einer im guten Stande befindlichen Straßenoberfläche entsprechen, können für den gewöhnlichen Stand einer gut erhaltenen Straße etwas vergrößert werden, auf $\frac{1}{28}$ bis $\frac{1}{33}$, ohne daß man deßhalb genöthigt wäre, bei'm Herabfahren zu sperren oder mit leichtem Fuhrwerke bei'm Aufwärtsfahren den Trab zu verlassen.

*) Vollständigere Versuche hat hierüber Morin angestellt. — Siehe „Vademecum des practischen Ingenieurs und Baumeisters." Stuttgart bei J. B. Müller. 1849, S. 202 und 203.

Das größte Gefälle, das man bei guter Schotterstraße nicht übersteigeu sollte, ist $\frac{1}{20}$ oder 5 Proc. Bei dieser Steigung kann ein Pferd im Schritte seine gewöhnliche Last für horizontale Bahnen ziehen, ohne eines Vorspannpferdes zu bedürfen, und die Erfahrung hat gezeigt, daß ein Pferd bei einer Steigung von 5 Proc. in dem gewöhnlichen Schritte eine Höhe mit weniger merkbarer Ermüdung in derselben Zeit erreicht, welche es im Trabe auf einer Steige von 3 Proc. zum Gelangen zu demselben Puncte nothwendig hat.

Eine Straße, die durchaus horizontal liegt, oder die ein gleiches Gefälle von einem Endpuncte bis zum andern hat, ist für den Zug des Pferdes nicht die geeignetste. Jede von diesen scheint ein Zugpferd mehr zu ermüden, als eine Straße, bei welcher schwache Steigungen mit schwachen Senkungen wechseln, wie z. B. Steigungen oder Senkungen von 1 Proc., auf welchen ein Pferd eine Last mit derselben Schnelligkeit fortzieht, wie auf einer horizontalen Straße.

Die Steigungen sollten in allen Fällen so weit als möglich beschränkt werden, da die Mehranstrengung, welche ein Pferd anwenden muß, um starke Steigungen hinaufzukommen, in der That sehr groß ist; weßhalb man in allgemeiner Regel 3 Proc. als Grenze gelten läßt, wo der Boden dieß zuläßt. Dieses Gefälle kann überall hergestellt werden, selbst wenn man die Seiten steiler Berge hinaufsteigt, indem man die Straßenlinie im Zickzack führt, wobei man die geraden Linien durch Bögen verbindet. Das Gefälle wird in diesen Bögen vermindert und die Straße zur Sicherheit der schnell herabfahrenden Fuhrwerke erweitert. Diese Verbreitung kann ein Viertheil betragen, wenn die verbundenen Theile des Zickzacks einen Winkel von 120 bis 90 Grad mit-

einander bilden, und bis zur Hälfte wachsen, wenn dieser Winkel von 90 bis 60 Grad abnimmt.

Hat man auf der Karte die beiläufige Straßenlinie bezeichnet, so kann man die Volume der Abgrabungen und der Auffüllungen vergleichen, welche nahezu dieselbe Größe haben sollen, weil der Abtrag das Material zu dem Auftrage geben soll. Um dieß zu erlangen, ist es oft nothwendig, die erste Lage der Straßenlinie etwas zu ändern, indem man sie mehr rechts oder links schiebt, oder indem man die Gefälle etwas ändert. Dieses Geschäft ist von großer Langwierigkeit, was man nur erst durch aufeinanderfolgende Annäherungen ausführen kann. Man theilt dazu zuerst die ganze Linie in mehre Stücke, für welche man unabhängig voneinander die Gleichheit des Auf- und Abtrags zu erreichen sucht.

Bei der Berechnung der Volume des Auf- oder Abtrags theilt man nach der genauesten Methode diese in Körper von den einfachsten geometrischen Formen, wie Prismen, Keile, Pyramiden, deren Inhalte man nach den bekannten Regeln feststellt. Dieses Verfahren ist übrigens oft langwierig und mühsam, weßhalb man oft andere Methoden, welche zwar weniger genau sind, aber viel schneller fördern, vorzieht, wenn nur ihre Resultate die für ihre Praxis hinreichende Genauigkeit geben. Nach diesen Methoden nimmt man eine Anzahl gleichweit voneinander entfernter Profile und berechnet den Inhalt des zwischen ihnen enthaltenen Raumes, indem man entweder die halbe Summe jedes Paars von nebeneinander liegenden Profilen mit der Entfernung der Profile multiplicirt, oder indem man das Profil in der Mitte zwischen beiden mit der Entfernung der Profile multiplicirt. Die letztere Methode ist die schnellste; sie giebt ein zu großes Volum, ist aber ge-

nauer, als die erste dieser beiden Methoden, welche das Volum zu klein giebt.

Bei der Berechnung des Auf- und Abtrags muß man Rücksicht auf den Unterschied in den Volumen nehmen, welches dieselbe Erdmasse vor dem Graben und nach dem Aufdämmen einnimmt. Nach einigen genauen Versuchen von Elwood Morris, Civilingenieur, welche in dem Franklin-Journal bekannt gemacht worden sind, scheint es, daß leichter Sand bei'm Abtrag und Auftrag gleichen Raum einnimmt, thonige Erde ungefähr $\frac{1}{10}$ weniger im Auftrage, als im Abtrage, kieselige Erde ebenso $\frac{1}{12}$ weniger, Felsen in großen Stücken aber um $\frac{5}{12}$ mehr und in kleinen Stücken $\frac{6}{10}$ mehr.

Eine andere Aufgabe, welche mit der letztern in naher Beziehung steht, ist die Bestimmung der mittlern Transportweite des Abtrags. Nach der Art, wie der Abtrag gewöhnlich zu Auftrag verwendet wird, ist diese mittlere Entfernung die Entfernung der beiden Schwerpuncte des Auftrags und des Abtrags. Was auch für eine Verwendung des Abtrags angeordnet wird, so muß man der Kostenersparniß wegen immer suchen, die mittlere Transportweite des Abtrags möglichst klein zu erhalten.

Hat man den Straßenzug definitiv festgestellt, so werden über die einzelnen Theile genaue Pläne und Profile ausgearbeitet, welche mit der größten Genauigkeit die Längen- und Querprofile des natürlichen Bodens und der Straße enthalten, wobei die horizontalen und verticalen Maße sorgfältig eingeschrieben werden, so daß der ausführende Ingenieur keinen Anstand bei der Absteckung haben kann.

Zu diesen Karten, welche zur Leitung der Erdarbeit erforderlich sind, müssen in's Einzeln gehende Pläne über die Straßendecke, die Mauerungen der

Dohlen und Brücken, nebst Beschreibungen, wie die Arbeit ausgeführt werden soll, angefertigt werden.

Mit diesen Hülfsmitteln kann der Ingenieur daran gehen, die Straße abzustecken. Die Straßenlinie wird durch Pfähle bezeichnet, welche man numerirt, was in gleicher Weise in der Karte geschieht. Die Breite der Straße und der Abhänge der Dämme oder Ausgrabungen werden in gleicher Weise angedeutet.

Außer den Zahlen, mit welchen die Pfähle numerirt sind, wird auf dieselben die Tiefe der Ausgrabung oder die Höhe der Ausfüllung vom natürlichen Boden angeschrieben. Die Lage der Pfähle, welche die wichtigsten Puncte der Straßenlinie angeben, wird mit besonderer Sorgfalt nach festen Puncten in ihrer Nachbarschaft, die in der Karte angegeben sind, horizontal und vertical festgestellt, auch um die Pfähle, wenn sie verschoben werden, leicht wieder berichtigen zu können.

Erdarbeit. — Dieser Ausdruck bezeichnet jede Arbeit von Auffüllung oder Abgrabung, welche zur Herstellung des Straßenkörpers vorgenommen wird.

Bei den Ausgrabungen erfordert die Böschung der Seitenwände eine besondere Ueberlegung. Die Größe der zu gebenden Böschung hängt von der Natur des Bodens ab. Bei gewöhnlichem Boden, wie gewöhnlicher Gartenerde, dichtem Thon oder steinigem Grunde, giebt man am besten, obwohl eine stärker geneigte Wand nach dem Einflusse der Witterung widersteht, eine zweifüßige Böschung, d. h. zwei Basis auf eine Höhe; bei dieser Böschung ist die Straße der Sonne und dem Luftzuge frei ausgesetzt und bleibt daher möglichst trocken. Reiner Sand und Kies können eine noch größere Böschung verlangen. Es ist nicht gebräuchlich, künstliche Mittel zum Schutze der Böschungsfläche gegen die Einwirkung der Witterung

zu gebrauchen; allein man würde durch solche Maßregeln viel Mühe und Arbeit sparen. Das einfachste Mittel, das man hier gebrauchen kann, ist die Bekleidung der Abhänge mit gutem Rasen oder mit einer Schicht von Dammerde, 0,1 Meter dick, in welche man Gras ansäet. Diese Mittel reichen aus, wenn der Abhang keinem Angriffe, als dem durch den Regen und die Wirkung des Frostes auf die gewöhnliche Erdfeuchtigkeit ausgesetzt ist.

Die Böschungen werden gewöhnlich ununterbrochen vom Fuße bis zum obern Rande fortgeführt; aber bei tiefen Ausgrabungen und besonders in Grund, der dem Abrutschen ausgesetzt ist, läßt man zuweilen horizontale Bänke (benches, bermes) die Böschung unterbrechen, welche einige Fuß breiter sind und gegen den Grund hin einen Graben haben, welcher das Wasser, das über die oberhalb liegende Böschung herabfließt, aufnimmt. Auf diesen Bänken bleibt die Erde, welche etwa weiter oben herabfällt, liegen.

Sind diese Böschungen nicht geschützt, so ist es gut, wenn man wohlfeile Steine hat, eine kleine Trockenmauer am Fuße der Böschung aufzuführen und zu verhüten, daß das von der Böschung Herabgespülte in die Straße geführt werde.

Eine Bedeckung mit Reisig oder eine Strohdecke können ebenso mit gutem Erfolge angewendet werden, aber beide sind sehr vergänglich.

Bei Abtrag durch feste Felsen, welche an der Luft nicht verwittern, können die Seitenwände vertical stehen; allein, da hier die Einwirkung der Sonne und der Luftströmung wesentlich gehindert werden, und diese zur Erhaltung der Straße in trockenem und gutem Stande nöthig sind, so ist es gut, auch hier eine Böschung je nach der Oertlichkeit zu geben, wobei man besonders auf der Südseite durch eine

größere Böschung den Sonnenstrahlen den Zugang zur Straße zu gewähren sucht.

Die schiefrigen Felsen verwittern im Allgemeinen schnell, wenn sie der Feuchtigkeit und dem Froste ausgesetzt sind. Hier kann man die Seitenböschungen staffelartig machen, diese Staffeln mit Dammerde ausfüllen und diese mit Gras besäen oder mit Rasen belegen.

Fig. 120 zeigt eine solche staffelförmige Seitenböschung.

Die geschichteten Felsen und Gründe, bei welchen die Schichten geneigt sind, lassen Rutsche befürchten, bei denen ein losgelös'tes Stück über die untere Schicht herabgleitet, was entweder durch Frost oder durch Wasser eingeleitet wird, das sich zwischen die Schichten eindrückt. Der schlechteste Grund dieser Art ist der, welcher aus abwechselnden Schichten von Thon und Sand besteht, besonders wenn der Thon mit Wasser gemischt, halbflüssig wird. Die beste Begegnung dieses Uebels besteht in einer vollkommenen Ableitung des Wassers durch Gräben, um das Wasser der Oberfläche vom Durchsickern durch den Boden abzuhalten und um alle Quellen von der Böschung abzuschneiden. Die Wasser der Oberfläche können durch einen einfachen Graben abgeleitet werden, welcher oben an der Böschung gegen die Bergseite zu ausgehoben wird, und welcher diese Wasser in einen passenden Abfluß leitet; die Böschung auf der Thalseite ist vergleichungsweise dem Angriffe des Wassers viel weniger stark ausgesetzt.

Fig. 121 Querschnitt eines Straßeneinschnittes.

A Straße,
B Seitenböschungen,
C Wasserableitungsgraben.

Wo Bergschlipfe durch Quellen veranlaßt werden, ist es oft sehr schwer, die Böschungen zu schützen. Kann man die Quellen leicht durch Graben

erreichen, so kann man Rinnen durch Schichten von Faschinen oder Reisig bilden, welche dem Wasser einen Ausweg darbieten. Die Faschinen kann man mit Rasen bedecken, welcher mit der Grasseite abwärts gelegt wird, und die Ausgrabung, welche man zur Herstellung der Rinne gebraucht hat, mit guter Erde ausstampfen. Ebenso kann man Rinnen von Bruchsteinen unter einer Rasendecke anlegen. Wo die Quellen nicht vereinzelt sind, sondern die ganze Masse des Abhanges von Wasser durchdrungen ist, kann man Einschnitte in der Breite von wenigen Fußen in Zwischenräumen von einigen Fußen ausheben und diese mit Bruchstücken ausfüllen, oder man kann auch den ganzen Abhang ausheben und mit Steinen ausfüllen, zwischen welchen das Wasser durchsickert. Erachtet man dieses für nothwendig, so ist es gut, diese Bruchsteine wie eine geneigte Stützmauer anzulegen, mit Strebepfeilern, welche weiter als die Mauer in das Innere des Abhanges hineintreten. Die Außenfläche dieser Wasserleitung überkleidet man mit Rasen, der auf die Grasseite gelegt wird und auf den man gute Erde fest aufstampft. Diese Mauer führt man nur so hoch auf, bis man alle Quellen abgeschnitten hat; man setzt sie tief genug unter die Fläche der Straße fort, um ihr ein festes Fundament zu geben.

Die Ableitung der Wasser hat man in manchen Fällen dadurch ausgeführt, daß man Schächte in einiger Entfernung hinter der Böschung von der obern Bodenfläche bis zur Bodenfläche des Einschnittes abteuft und das Wasser, das sich in diesen sammelt, durch Röhren in die Straßengräben leitet. In andern Fällen hat man einen Einschnitt parallel mit der Straße gemacht, der tief genug war, um alle Quellen aufzunehmen, und hat diesen mit Bruchsteinen ausgefüllt, oder mit Reisig, über welches Bruchsteine bis oben aufgefüllt wurden.

Bei einigen neuen Bauten hat man in England bei sehr schlechtem Boden diesen durch Backsteinmauerung gesichert, die viele Aehnlichkeit mit der Art hat, wie man die verticalen Wände wenig tiefer Einschnitte mit Holzwerk schützt. Hierzu werden von Strecke zu Strecke längs des Einschnittes starke Strebepfeiler von Backsteinen auf jeder Seite einander gegenüber aufgestellt und am Boden durch umgekehrte Bögen verbunden. Zwischen diese Pfeiler werden in passenden Höhen mehre Balken von Backsteinen gemauert, welche nach unten einen flachen Segmentbogen bilden und nach oben durch einen gleichen, aber umgekehrten Bogen begrenzt sind. Die so verstärkten Pfeiler dienen als Widerlager für verticale Tonnengewölbe, welche die Außenseite bilden und den Druck der Erde zwischen den Strebepfeilern tragen.

Bei der Bildung der Dämme (Fig. 122) müssen die Seitenwände eine kleinere Neigung erhalten, als die, welche die Erde für sich annimmt, um dem Damme mehr Dauer zu geben und die obere Breite desselben zu erhalten. Um die Seitenböschungen zu erhalten, sollten diese mit Rasen belegt oder mit Gras angesäet werden; auch soll man das Wasser von der Straße nicht über dieselben hinablaufen lassen, um die Bildung von Rinnen und den allmähligen Zerfall des Dammes zu vermeiden. An Orten, wo man Steine genug hat, kann man für die Seitenböschungen trockene Stützmauern anlegen.

Um soweit möglich das Setzen der Dämme zu beschränken, kann man die Erde nach und nach in Schichten von ungefähr 1 Meter Dicke aufführen und jede Schicht gut aufstampfen. Diese Methode ist kostspielig und wird daher nur bei Bauten von besonderem Werthe angewendet. Für ausgedehnte Dämme füllt man gewöhnlich, aus Sparsamkeit, von einem Ende zum andern sogleich in ganzer Höhe auf.

Hierbei ist nun am besten, zuerst die Seitenwände zu bilden und von dort nach innen voranzuschreiten, so daß sich die Erde von selbst in Schichten legt, die nach innen geneigt sind; dieß wirkt sehr gut einem Rutschen entgegen. Der Fuß der Böschung muß durch eine niedere Steinmauer oder eine kleine Ausgrabung festgehalten werden.

Liegt die Mittellinie der Straße außen an einem Bergabhange, so daß das Querprofil der Straße Auftrag und Abtrag zugleich enthält, so läßt man gewöhnlich den Auftrag nach und nach längs des Einschnittes bilden. Diese Methode ist unsicher und man sollte keine Kosten sparen, um dem Auftrage einen guten Fuß auf der natürlichen Oberfläche, auf der er ruht, zu geben. Hierzu wird diese natürliche Oberfläche in Stufen gehauen, und den Fuß des Dammes läßt man auf einer niedern Stützmauer oder auf einer Bank von fest eingerammter Erde ruhen. (Fig. 123).

Bei steilen Bergabhängen genügt die eben beschriebene Methode noch nicht. Hier muß man Stützmauern auf beiden Seiten anbringen. Diese können in Trockenmauerung aufgeführt werden, wenn man Steine von hinreichender Größe für diese Art Mauerung hat. Ist dieß nicht der Fall, so muß man die Steine in Mörtel legen, und hierzu ist hydraulischer Kalk der allein brauchbare. Die Mauer auf der Bergseite muß bis zur natürlichen Oberfläche des Grundes fortgeführt werden, die andere wird bis zur Straßenhöhe aufgemauert; auf ihr bringt man eine Brustwehr an, um die Fuhrwerke, welche die Straßen verlassen wollen, abzuweisen.

Eine Straße kann theilweise in den Auftrag und theilweise in den Abtrag längs einer Felsenwand gelegt werden, indem man die Felsen sprengt, wenn die natürliche Oberfläche nicht weniger, als eine zwei-

füßige Böschung hat (2 Sohle auf 1 Höhe); bei einer kleinern Böschung oder stärkern Neigung sollte die ganze Straße eingeschnitten werden.

Fig. 124 Querschnitt einer Straße mit Stützmauern.

A Auffüllung,
B Stützmauer des Dammes,
C Stützmauer des Einschnittes,
D Brustwehr des Fußweges.

Liefern die Einschnitte nicht genug Erde für die Aufdämmungen, so muß man diese, wie man sagt, entlehnen, indem man seitwärts vom Damme an passenden Orten Erde wegnimmt.

Ist der Abtrag größer, als der Auftrag, so wird die überflüssige Erde neben dem Einschnitte aufgedämmt.

Wasserableitung. — Die Ableitung des Wassers, welches durch den Boden sickert, bis zu einer Tiefe von ungefähr 1 Meter unter die Straße, wie auch des Wassers, das auf die Straße selbst fällt, ehe es in die Straßendecke einsickern kann, ist von großer Wichtigkeit für den guten Stand einer Straße.

Der Oberfläche der Straße giebt man hierzu eine schwache Convexität, von der Mitte nach den Seiten, wo das Wasser von den Straßengräben aufgenommen wird. Bei größeren Straßen bringt man an den Seiten der Straßen Rinnen (side channels) an, von welchen das Wasser durch unterirdische Dohlen (culverts), die aus Steinen gebaut und gewöhnlich gewölbt sind, in die Straßengräben (maindrains) geleitet werden. Die Convexität der Straßen wird durch eine Ellipse angegeben, welche eine große Achse von 4,57 Meter hat und deren kleine Achse 23 Cent. beträgt, wodurch die Mitte der Straße 23 Cent. über die Straßenrinnen zu liegen kommt. Diese Convexität ist für das Trockenhalten einer ganz

horizontalen Straße in einer flachen Gegend nicht hinreichend; aber sie ist die größte, welche man geben darf. Kann man in einer solchen Gegend der Straße nicht ein schwaches Gefälle der Länge nach geben, so muß suchen, sie ungefähr einen Meter über das nebenliegende Gebäude zu erheben, um das Wasser besser von der Oberfläche abzuleiten und den Winden mehr Einfluß zu geben.

Um das Wasser unter der Straße in einer flachen Gegend abzuleiten, werden offene Seitengräben parallel mit der Straße einige Fuße von ihr angelegt.

Fig. 125 Querschnitt einer Schotterstraße.

A Straßenbau,
B Straßenrinne,
C Fußweg,
D Dohlen, welche die Straßenrinne mit dem Straßengraben E verbinden.

Der Boden der Seitengräben sollte wenigstens 1 Meter unter der Straßenbahn liegen; ihre Größe hängt von der Natur des Bodens ab. In bebautem Lande sollte der Graben auf der Feldseite des Hages sein.

In Einschnitten füllen sich offene Gräben bald aus. Dort bringt man gemauerte und bedeckte Gräben aus Stein oder Backstein an. Sie bestehen aus einem Boden von Platten oder Backsteinen mit zwei Seitenwänden aus Bruch- oder Backsteinen, über welche Platten gedeckt sind, die offene Fugen haben, um das Wasser frei in den Graben eintreten zu lassen. Diese Platten sind mit einer Lage Stroh oder Reisig belegt, und darüber wird der Graben mit reinem Kies oder klein geschlagenen Steinen aufgefüllt, um das Wasser durchzulassen, aber den Schlamm, den es mit sich führt, aufzuhalten. Die Weite und Höhe solch' bedeckter Gräben hängt von dem Brenn-

materiale und der Wassermenge ab, welche der Graben abführen soll.

Fig. 126 Querschnitt eines bedeckten Grabens.

A Graben,
a, a Seitenmauern,
b Decksteine,
c Bodensteine,
d grober Kies.

Außer den bedeckten Langgräben müssen bei Einschnitten Quercanäle unter der Straße angelegt werden, welche im Grundrisse die Form des Buchstabens V haben (cross mitre drains). Die Spitze des Canals liegt in der Mitte der Straße, gegen deren Steigen gerichtet. Der Winkel wird so gewählt, daß die Sohle des Canals nach jedem der beiden Schenkel nicht mehr als 1 Procent Gefälle hat, um dem Wasser nicht zu viel Geschwindigkeit zu geben. Die Construction dieser V-Gräben ist dieselbe, wie bei den bedeckten Langgräben. Sie werden alle 50 bis 60 Meter angebracht.

In manchen Fällen bringt man offene Fanggräben in den Böschungen der Einschnitte an. Sie laufen schief an der Oberfläche hinauf und leiten ihr Wasser unmittelbar in die Querdohlen, welche zu dem natürlichen Wasserabflusse führen.

Liegt die Straße an einem Abhange, so werden gewöhnliche Dohlen quer unter der Straße angelegt, um das Wasser aus dem Graben an der Bergseite abzuführen. Sie müssen groß genug sein, um das Wasser abzuleiten und einen Mann zur Reinigung und Ausbesserung durchzulassen.

Bei Dämmen hat man nur die Straßenrinnen mit seitwärts führenden Dohlen nothwendig, wobei man Sorge tragen muß, daß nicht Wasser, das über die Seitenwände des Dammes hinabläuft, diese ausspüle.

Sehr nasser und sumpfiger Boden muß, ehe die Straße mit Sicherheit gebaut werden kann, durchaus trocken gelegt werden. Das beste Mittel hierzu ist, an jeder Seite der Straße einen tiefen und breiten offenen Graben anzulegen, welcher das Wasser ableitet. Häufig verbindet man diese Gräben durch bedeckte Quergräben um den Boden unter der Straße zu entwässern. Diese werden so tief angelegt, als der Abfluß des Wassers in die Hauptgräben gestattet.

Außer der Trockenlegung erfordern sumpfige Boden mit einem nachgebenden, elastischen Untergrunde ein künstliches Bett für die Straßendecke. Dieses Bett kann man zuweilen durch einfache Entfernung der obern Lagen in einigen Fußen Tiefe erhalten, wenn man diese durch gut eingestoßenen Kies oder einen andern festen Grund ersetzt. In andern Fällen, wo der Untergrund dem gewöhnlich von der Straße getragenen Drucke leicht nachgiebt, muß man ein Bett von Reisig von 25 bis 50 Cent. Dicke ausbreiten, auf welches der Grund der Straße kommt. Das Reisig sollte sorgfältig unter den langen, geraden schwachen Schossen der Aeste und des Ueberwuchses ausgewählt und in Bündel gebracht werden, die 20 bis 30 Cent. dick und 3 bis 6 Meter lang sind und Faschinen genannt werden. Faschinen werden in abwechselnden Schichten der Länge nach und quer gelegt; diese Schichten werden mit Pfählen verbunden und die Weiden, mit denen die Faschinen gebunden sind, durchschnitten, um aus dem Reisig eine compacte und gleichförmige Unterlage zu bilden.

Diese Methode, ein gutes Bett für Bauten auf einem schwachen und nassen Boden sich zu verschaffen, ist seit langer Zeit in Holland im Gebrauche, und die Erfahrung hat ihre Vortrefflichkeit gezeigt.

Die Fahrbahn. — Die Fahrbahn soll die Widerstände, welche von Stößen und der Reibung

herrühren, möglichst vermindern, so die nothwendige Zugkraft so klein als möglich machen, und muß daher aus einem harten und dauerhaften Materiale auf einer festen Unterlage bestehen und eine gleichförmige ebene Oberfläche darbieten.

Das gewöhnlich zur Fahrbahn verwendete Material ist Stein in Gestalt von regelmäßig geformten Stücken oder großen runden Kieseln, was gepflasterte Straßen giebt; oder zerschlagene Steine von kleinen Dimensionen und Kies.

Pflasterung. — Die in den vereinigten Staaten gebräuchliche Pflasterung besteht aus runden Kieseln, Pflastersteinen von 8 bis 20 Centimeter Durchmesser, welche in ein Bett von reinem Sand oder Kies von 30 bis 60 Cent. Dicke gelegt werden. Die größten Steine bringt man in die Mitte der Straße. Die Steine werden sorgfältig in das Bett gesetzt und dann mit einer schweren Handramme eingestoßen, bis ihre oberen Flächen in die Straßenoberfläche zu liegen kommen. Ist das Pflaster soweit fertig, so wird es mit einer 5—8 Cent. dicken Schicht von reinem Sande oder feinem Kiese überlegt, welche durch das Befahren und durch den Regen nach und nach in die Fugen des Pflasters geschafft werden. Die Fehler einer solchen Kieselpflasterung sind augenscheinlich und durch die Erfahrung bestätigt. Das Sand- oder Kiesbett ist, wie es gewöhnlich bereitet wird, nicht fest genug; es sollte in getrennten Schichten von beiläufig 10 Cent. Dicke in feuchtem Zustande gut eingestoßen oder mit einer schweren Walze eingedrückt werden. Auf dieses Bett sollte eine Schicht von losem Material 5 bis 8 Cent. hoch aufgetragen werden, welche die Enden der Pflastersteine aufzunehmen hätte. Die Form der Kiesel giebt zu einem großen Widerstande durch Stöße und Reibung den Anlaß.

Pflasterungen, die man Steinbahnen nennt, hat man in einigen Städten von Europa für leichtes und für schweres Fuhrwerk versucht. Sie bestehen in zwei Linien von langen gehauenen Steinstücken, auf welchen die Räder gehen, mit einem Kieselpflaster zwischen beiden als Pferdeweg. Bei vielfach sich drängenden Durchfahrten bieten die Steinbahnen wenig oder gar keine Vortheile, weil es unausführbar ist, die Führwerke auf denselben zu erhalten, und bei schweren Lasten erhalten sie Geleise. Die Steinblöcke müssen sorgfältig auf einen sehr festen Untergrund gelegt, und sorgfältig muß man besonders darauf achten, keine Geleise zwischen den Steinen und dem Kieselpflaster aufkommen zu lassen.

Steine, welche für Pflasterungen sich eignen, sollen hart und dicht sein und sich nicht sehr unter den darüber gehenden Lasten glätten. In England zieht man einige Arten Granit vor; in Frankreich wird ein sehr feinkörniger grauer Sand sehr häufig gebraucht, welcher aber sehr glatt wird.

Der Sand zu dem Bette soll rein und frei von Kieseln und Grus sein, die größer als $\frac{1}{2}$ Cent. sind. Ist das Sandbett, wie oben angegeben, in feuchten Schichten eingestampft, so bietet es einen sehr festen Grund für die Pflasterung dar.

Holzpflasterungen aus Holzstücken von verschiedener Form hat man an mehren Orten versucht, aber nun meistentheils wieder abgeändert, weil das Material zu schnell zu Grunde geht, selbst wenn man das Holz gegen Fäulniß zu schützen gesucht hat.

Asphaltpflaster hat man ebenso probirt und hat sie ebenfalls schon nach wenigen Jahren Gebrauch unbrauchbar gefunden.

Die beste Pflasterung ist die, welche man zum Theil in einigen Handelsstädten Englands findet, zu welcher die Idee von den ausgezeichneten Römerstra-

ßen, von welchen man noch heutigen Tags Spuren im guten Zustande findet, herausgenommen zu sein scheint. Zu dieser Pflasterung wird zuerst ein Bett hergerichtet, indem man die Erde auf 0,3 Meter Tiefe oder mehr aushebt, um eine feste Schicht zu erhalten. Die Oberfläche dieses Bettes erhält eine sehr geringe Convexität von ungefähr $\frac{1}{60}$ von der Mitte nach den Seiten der Straße. Ist der Boden von weicher, thoniger Beschaffenheit, so daß kleine zerschlagene Steine durch die Räder des Fuhrwerkes leicht in denselben gedrückt werden, so wird derselbe 0,3 bis 0,6 Meter tiefer ausgehoben, um ein Bett von Sand oder reinem feinem Kiese darauf zu legen.

Fig. 127 gepflasterte Fahrbahn.

A Pflaster,

C Randstein,

B Platten des Seitenwegs.

Auf die Oberfläche des so bereiteten Bettes kommt eine Lage von kleinen zerschlagenen Steinen, 0,1 Meter dick; diese Steine sollten nach keiner Richtung stärker, als 7 Cent. sein. Nun wird die Straße dem Verkehr geöffnet, bis die erste Lage vollkommen dicht ist, wobei man sorgfältig alle Geleise mit frischen Steinen ausfüllt und die Form der Oberfläche erhält. Dann wird eine zweite Schicht von Steinschotter in derselben Dicke wie die erste aufgelegt und ebenso behandelt wie diese; endlich eine dritte. Ist diese dritte Schicht dicht zusammengefahren und von glatter Oberfläche, so wird 7 Cent. dick feiner reiner Sand aufgetragen, in welchen die Pflastersteine gelegt werden. Diese sind rechteckig und von verschiedener Größe nach der Natur des Verkehrs über die Straße. Die größten sind 25 Cent. dick, 23 breit und 30 lang; die kleinsten sind 15 Cent. dick, 12 breit und 24 lang. Jeder Stein wird sorgfältig in das Sandbett mit Hülfe einer schweren Handramme

eingestoßen; dann wieder herausgenommen, um die Seite des Steines, gegen den er stößt, mit hydraulischem Mörtel zu bedecken. Nun wird der Stein wieder an seinen Platz gebracht und genau gerichtet. Die Steine der verschiedenen Schichten quer über die Straße müssen die Fugen wechseln. Die Oberfläche der Straße wird convex, indem man die äußeren Kanten um $\frac{1}{60}$ der Breite tiefer legt, als die Mitte.

Dieses System erfüllt vollkommen alle Anforderungen an eine gute Straßendecke; es giebt eine harte, ebene Bahn für die Räder und ruht auf einem festen Bette, das aus der Beschotterung gebildet ist. Die Mörtelfugen hindern, solange sie dicht sind, das Eindringen des Wassers unter das Pflaster; allein es ist wahrscheinlich, daß die Erschütterungen durch schwer beladene Fuhrwerke und durch die Ausdehnungen der Steine bei'm Temperaturwechsel, welcher in unserm Clima sehr bedeutend ist, der Mörtel bald zertrümmert und ausgewaschen werde.

In Frankreich und in vielen Städten des Continents wird mit rauhen Steinen von cubischer Form von beiläufig 22 Cent. Seite gepflastert. Diese werden in ein Sandbett gelegt, das nur 10 bis 13 Cent. dick ist, wenn der Boden unter ihm fest ist; bei schlechtem Untergrunde läßt man diese Dicke von 15 bis 30 Cent. wachsen. Die Fugen quer über die Straße liegen gewöhnlich in einer Linie, die Fugen längs der Straße wechseln. Zuweilen werden die Pflastersteine so gestellt, daß die Fugen einen Winkel von 45° mit der Straßenrichtung bilden, wobei die Fugen in einer Richtung fortlaufen und in der andern wechseln. Bei dieser Anordnung soll die Abnutzung der Kanten, durch welche die Oberfläche der Pflastersteine bald convex wird, vermindert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Abnutzung

der Kanten bei denen am größten ist, welche quer über die Straßen laufen, wenn die Steine wie gewöhnlich gestellt werden. Aus den Versuchen von Morin über den Einfluß der Form der Pflastersteine auf die nothwendige Zugkraft auf diesem Pflaster ergiebt sich, daß der Widerstand eines Pflasters aus durchschnittlich 14 Cent. breiten Steinen, in der Richtung der Straße gemessen, welche ungefähr 23 Cent. lang sind, kleiner ist, als der eines Pflasters aus cubischen Steinen von der gewöhnlichen Größe.

Bei'm Straßenpflaster in den Städten müssen Seitenwege und Uebergangsplätze für die Fußgänger angebracht sein. Die Seitenwege werden aus großen Steinplatten, die wenigstens 5 Cent. dick sind, gebildet, welche man auf ein gut eingestoßenes Bett von reinem Kies legt. Die Breite der Fußwege hängt von der Frequenz der Straße ab. Es ist immer gut, dieselben wenigstens 3,5 Meter breit zu nehmen; sie erhalten ein Gefälle von $\frac{1}{120}$ der Breite gegen das Pflaster, um das Wasser in die Wasserrinnen zu leiten. Das Pflaster ist von den Fußwegen durch eine Reihe von langen Platten getrennt, die hochkantig aufgestellt sind und Randsteine heißen; sie trennen das Pflaster von den Platten und bilden die Seiten der Straßenrinnen. Zu diesem Zwecke springen sie 15 Cent. über die Außenseite der Pflastersteine vor und sinken wenigstens 10 Cent. unter deren Oberfläche hinab. Oben sind sie bündig mit den Platten, so daß das Wasser vom Trottoir über sie hinfließen kann.

Die Uebergänge sollen 1,2 bis 1,8 Meter breit sein und etwas über die allgemeine Fahrbahn hervorragen, um frei von Koth zu bleiben.

Schotterstraßen. — Die gewöhnlichen Straßenanlagen in Europa und Amerika bestehen darin,

daß man eine Schicht von klein zerschlagenen Steinen, Schotter, entweder auf den natürlichen Boden bringt oder auf ein Pflaster, das aus kleinen unregelmäßigen Steinen gebildet ist. In England haben beide Systeme ihre Vertheidiger: die Einen behaupten das erste, welches von Mac-Adam in Ruf gebracht wurde, woher diese Straßen macadamisirt heißen, sei das vorzüglichere; während Telford bei den großen Staatsstraßen in Großbritannien das andere anwendet.

Der Straßenbau ist in den letztern Jahren unter den französischen Ingenieuren neuerdings besprochen worden; der aus der Erfahrung abgeleitete Schluß war, daß eine Fahrbahn aus Schotter allein unter den schwersten Lasten und bei'm stärksten Verkehre genüge. Einige französische Ingenieure empfehlen für einen sehr nachgebenden thonigen Untergrund entweder einen gepflasterten Boden für die Beschotterung, wie Telford dieß anwendete, oder ein starkes Zusammenpressen des Bodens, ehe man das Straßenschotter aufträgt.

In Deutschland zieht man allgemein einen gepflasterten Unterbau auf nachgebendem Boden vor.

Zu dem gepflasterten Boden nach Telford's Angabe wird die Oberfläche des Straßenkörpers, Planum, in passender Tiefe ausgehoben und ein Bett für das Pflaster, wie bei gewöhnlichen Pflasterungen, bereitet. Zu dem Pflaster wählt man pyramidale Steine aus, welche für eine Straße von 9 Meter Breite für die Mitte ungefähr 18 und für den Rand der Straße ungefähr 8 Cent. dick sein müssen. Die Grundfläche jedes Steins sollte nicht unter 13 Cent. messen, am dünneren Ende nicht unter 10. Die Steine werden sorgfältig und so geschlossen an ihren Grundflächen als möglich gestellt, wobei das Pflaster eine schwach convexe Oberfläche erhält. Die Räume zwi-

schen den Steinen werden mit Schotter ausgefüllt, den man mit einem kleinen Hammer dicht einschlägt.

Eine Schicht von zerschlagenen Steinen wird dann 10 Cent. dick, 2,7 Meter breit nach jeder Seite von der Mitte aus aufgetragen; diese Steine sollten nach keiner Richtung über 6 Cent. dick sein. Ueber die äußeren Enden der Straße breitet man kleinere Steine oder groben Kies bis zur gleichen Höhe aus.

Die Straße wird nun zum Befahren solange geöffnet, bis die obere Schicht vollkommen dicht geworden, wobei man sorgfältig alle entstandene Geleise sogleich wieder mit frischen Steinen ausfüllen muß. Dann wird eine zweite Schicht Steine ungefähr 5 Cent. dick über die Mitte der Fahrbahn ausgebreitet, wobei die Außenseiten der Straßen wieder mit kleinerem Materiale bis zur Herstellung des Profils der Straße ausgefüllt werden. Eine Bekleidung von reinem groben Kiese von ungefähr 4 Centimeter Dicke wird über die Oberfläche gebracht und die Straße dem Verkehre geöffnet.

Die Steine, welche zum Pflaster gebraucht werden, können weniger hart und dauerhaft sein, als die zur Beschotterung, da sie dem Angriffe des Fuhrwerks weniger ausgesetzt sind. Die Oberfläche sollte aber aus dem härtesten Materiale gebildet werden, das man erhalten kann. Die Ueberkiesung dient zur Erleichterung des anfänglichen Befahrens; sie ist übrigens fehlerhaft, da sich der Kies zwischen die zerschlagenen Steine eindrängt und das Binden dieser Steine vermindert.

Kann die Fahrbahn nicht in der ganzen Breite gepflastert werden, so sollte dieß wenigstens auf 2,7 Meter nach jeder Seite von der Mitte aus geschehen. Die Außenseiten der Straße werden dann ganz aus reinem Kiese oder Steinschotter hergestellt.

Bei Straßen, die nicht stark befahren werden, erfordert das Pflaster nicht soviel Sorgfalt, es wird dort aus Steinen, die man zur Hand hat, hergestellt, welche man in solche Bruchstücke zerschlägt, daß jedes einzelne nicht über 2 Kilogr. wiegt. Die Oberfläche der Fahrbahn kann, wie oben beschrieben, gebaut werden. Wird die Fahrbahn aus zerschlagenen Steinen allein hergestellt, so ist das Bett für das Straßenmaterial auf gleiche Weise wie für das Unterpflaster herzustellen: darauf kommt eine Lage von Steinen, 0,1 Meter dick, welche sorgfältig über das Bett ausgebreitet wird, worauf die Straße dem Verkehr ausgesetzt wird, wobei man sorgfältig die entstehenden Geleise ausfüllt und das Profil der Straße erhält. Ist diese Schicht dicht zusammengefahren, so wird eine zweite eingelegt und in gleicher Weise behandelt, bis die Straßendecke eine Dicke von ungefähr 0,3 Meter in der Mitte der Straße erhalten hat.

Wo man guten Kies erhalten kann, dient auch dieser zum Baue der Fahrbahn, wozu er gut gesiebt wird und wozu man alle Kiesel, Wacken, die über 6 Cent. Durchmesser haben, zerschlägt; der Bau geschieht auf dieselbe Weise wie bei zerschlagenen Steinen.

Wie bereits gesagt wurde, halten die französischen Ingenieure eine Pflasterunterlage höchstens bei sehr schwerem Fuhrwerke oder bei sehr nachgebendem Boden für nothwendig. Auch geben dieselben der Steindecke weniger Dicke, als die englischen Ingenieure aus Telford's Schule, indem sie nicht mehr als 15 bis 20 Cent. hierzu für nothwendig halten, wenn nur leichtes Fuhrwerk über die Straßen geht, und höchstens 25 Cent. für die schwersten Lasten.

Ist der Boden, auf welchen die Fahrbahn kommt, nicht trocken und fest, so wird er in Frankreich durch Walzen mit einer eisernen Walze von ungefähr 0,6 Meter Durchmesser und 1,2 Meter Länge, die man

verschiedene Male darüber gehen läßt, zusammengedrückt; das Gewicht der Walze kann man durch angehängte Gewichte von 3000 bis zu 10000 Kilogr. erhöhen. Auf das so zusammengepreßte und geebnete Bett wird das Straßenmaterial in Schichten von ungefähr 10 Cent. Dicke gebracht, die man jedesmal mehrmals mit dieser Walze zusammendrückt, ehe eine neue Lage aufgeführt wird. Geschieht das Walzen bei trockenem Wetter, so wird die Beschotterung angenäßt und zuweilen eine dünne Sandschicht von 1 bis 2 Cent. Dicke auf jede Steinlage gebracht, ehe man anfängt zu walzen, um die Oberfläche gleichmäßiger zu machen. Ist hierdurch die Bahn gehörig fest, so wird sie dem Verkehre geöffnet, wobei man alle entstandenen Geleise mit neuem Material ausfüllt und die Erhöhungen durch Einstoßen ebnet.

Die französischen Ingenieure legen auf den Gebrauch dieses eisernen Cylinders und auf die sorgfältige jeden Tag vorgenommene Ausbesserung großes Gewicht. Es ist sicher, daß durch dieses Walzen die Fahrbahn auf einmal in einen guten Stand kommt; der Abgang an Material ist kleiner, als bei der ältern Methode, wonach die Fahrbahn durch den Gebrauch selbst fest gefahren wird; die Unterhaltungskosten sind in den ersten Jahren vermindert; die Fahrbahn erhält eine gleichförmigere Dicke, und diese kann deßhalb etwas kleiner genommen werden, als bei der sonst gebräuchlichen Methode.

Unterhaltung der Straßen. — Das Beschotterungsmaterial soll hart und dauerhaft sein. Für die Bodenlagen kann man ein weicheres Material gebrauchen, oder ein Gemenge von harten und weichen Steinen; aber zu der Oberfläche sollte man nur die härtesten Steine gebrauchen; nur sie widerstehen der Wirksamkeit der Räder. Die Steine sollen in eine soviel wie möglich cubische Form gebracht

werden und rein von allen sehr kleinen Stückchen sein. Die zerschlagenen Steine werden in Ablagerungen längs der Straßenlinie für die Unterhaltung der Straße aufbewahrt.

Man kann auf die Reinhaltung der Straße von einer Ansammlung von Schlamm oder Staub nicht zu viele Sorgfalt verwenden. Sie muß fortwährend durch Abziehen des Schlammes und des Staubes rein erhalten werden. Täglich muß man ein neues Material an allen Stellen einlegen, wo sich Vertiefungen oder Geleise bilden. Einige empfehlen vor dem Einlegen von neuem Material die Oberfläche mit einem Pickel auf 1 bis 2 Cent. Tiefe aufzuhauen und das neue Material mit einer Handramme einzustoßen, wobei man eine kleine Menge reinen Sand zum bessern Binden der Steine zufügen soll. Wird die Straße nicht täglich durch Leute, deren einziges Geschäft dieses ist, nachgebessert, so müssen allgemeine Verbesserungen in den Monaten October und April vorgenommen werden, bei denen man allen Schlamm abzieht, die Straßenrinnen reinigt und frisches Material einlegt, wo dieß nothwendig ist.

Wird eine Straße nicht alle Zeit von Schlamm und Staub befreit und die Oberfläche eben erhalten, so wird in kurzer Zeit die beste Straße unfahrbar, während mit einer beständigen Nachbesserung auch der schlechteste Weg in einem leidlichen Zustande erhalten werden kann.

Querdimensionen der Straßen. — Eine Straße von 9 Meter Breite ist für den stärksten Verkehr von zwei Städten breit genug. Eine Weite von 12 oder selbst 18 Meter kann in der Nähe von Städten gegeben werden, bei denen der größere Theil des Transportes auf der Achse geschieht. Für Verbindungsstraßen und andere von geringerer Wichtigkeit kann die Breite nach Umständen vermindert werden. Im äußer-

sten Falle soll die Straße breit genug sein, um zwei der gewöhnlichen Fuhrwerke dieser Gegend sicher nebeneinander durchzulassen.

In allen Fällen muß man festhalten, daß eine unnöthige Breite die Anlagskosten und die Kosten der Unterhaltung erhöht.

Bei sehr breiten Straßen hat man zuweilen nur den mittleren Theil beschottert und die Seiten, den Sommerweg, nur aus dem natürlichen Grunde gebildet. Dadurch wollte man die Hauptbahn vor der Abnutzung durch das leichtere Fuhrwerk während des Sommers bewahren, indem der Sommerweg für dieses eine angenehmere Bahn giebt. Allein sehr wenig ist hierdurch gewonnen; und im Winter hat man eine Menge Schlamm, welcher der Steinbahn sehr nachtheilig ist.

Ein Fußweg von 1,5 bis 1,8 Meter Breite und nur 22 Cent. höher, als die Straßenrinne sollte nicht fehlen. Der Fußweg hat eine Neigung von 5 Cent. gegen die Straßenrinne, um das Wasser dahin zu geleiten. Ist der natürliche Boden fest und sandig oder kiesig, so bildet man aus diesem den Fußweg; im andern Falle hebt man den Boden auf 14 Cent. aus und füllt ihn mit reinem Kiese auf.

Um die Fußwege gegen den Angriff des in der Straßenrinne befindlichen Wassers zu schützen, wird die Seite desselben gegen die Rinne mit Rasen oder Steinen bekleidet.

Da es die erste Bedingung ist, die Straße trocken zu erhalten, so muß man von ihr Alles entfernen, was die Einwirkung des Windes und der Sonne abhalten könnte. Hag und Hecken an der Straße sollten nicht über 1,5 Meter hoch geduldet werden; Bäume auf den Seitengräben beschatten die Straße, und ihre Wurzeln treiben leicht die Straßendecke in die Höhe.

Zweites Capitel.

Von dem Eisenbahnbau.

Der große Widerstand, welchen die gewöhnlichen Straßen der Zugkraft entgegensetzen, haben, wo der Verkehr in bedeutenden Lasten geschieht, natürlich dazu geführt, andere Mittel zu versuchen, um eine mehr ebene und dauerhaftere Bahn als die gewöhnliche Straßendecke zu erhalten. Man hat verschiedenes versucht: man hat Bahnen von langen Steinblöcken hergestellt; man hat starke Balken auf ihrer Oberfläche mit Blech beschlagen; und endlich hat man beides, Holz und Stein, verlassen und die so wohlbekannten Eisenbahnen (railways, railroads; chemins de fer) gebaut.

Die Bestimmung der Linie für eine Eisenbahn.

Da der Werth einer Eisenbahn hauptsächlich von ihrer ersten Etablirung abhängt, so muß auf diese natürlich die größte Sorgfalt verwendet werden, und es ist dieser Zweig die wichtigste von allen Leistungen eines Eisenbahn-Ingenieurs, da sie Gewandtheit, Talent, Ueberblick, Erfahrung und volle ungetheilte Sachkenntniß aller Arbeitsbranchen auf das Ausgedehnteste in Anspruch nimmt.

Es finden sich bei der Auswahl einer Eisenbahnlinie folgende Puncte, deren Beachtung die Bestimmung der einen oder der anderen Richtung motiviren muß:

1) Der Zweck der Bahn.

2) Die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse derselben.

3) Die Richtung der Bahn nach pecuniären Interessen und der geographischen und physischen Beschaffenheit des Landes.

Alle diese Puncte stehen zueinander in der innigsten Verbindung und können deßhalb nicht wohl voneinander geschieden werden.

Der Zweck einer Eisenbahn kann ebenso verschieden sein, als der der gewöhnlichen Landstraßen, ja selbst der kleinsten Nebenwege oder irgend einer andern Communication; denn im Kleinen genommen, dienen Eisenbahnen häufig sogar zu einer vervollkommneten Nutzanwendung von Passagen, Lagerhäusern und andern Gebäuden, zur Communication durch die verschiedenen Stockwerke eines Gebäudes, zum Transport von Gütern u. dergl. m.

Hieraus läßt sich der Einfluß der statistischen und commerciellen Verhältnisse auf die Trace einer Eisenbahnlinie ableiten und dergleichen Bahnen werden im weitesten Sinne als vervollkommnetes Communicationsmittel die Hauptstraßen des Landes ersetzen, weßhalb man zugleich darauf mit Rücksicht zu nehmen hat, daß die Umstände auch ihre Verwendung als Militärtransportmittel bedingen können.

Die wichtigsten Bedingungen bei der Auswahl einer großen oder Haupteisenbahnlinie stellen sich in anderer Hinsicht folgendermaßen dar:

1) Eine Haupteisenbahnlinie soll, ohne individuelle persönliche Interessen oder einzelne unbedeutende Ortschaften zu berücksichtigen, die entfernteren Landestheile miteinander verbinden und gleichsam später als Basis für ein über das ganze Land zu legendes Eisenbahnnetz dienen.

Die Betrachtung aus diesem Gesichtspuncte macht eine genaue Erwägung aller im Augenblicke der Etablirung der Bahn bestehenden Verhältnisse in Hinsicht auf die zu bestimmmende Ausmündung der Bahn,

die Angabe der durch die Bahntrace zu berührenden Hauptorte, die Ertragsfähigkeit des Bodens, die Bevölkerung, die physische und geographische Lage des Landes nöthig; denn von der zweckmäßigen Beachtung aller dieser Gegenstände zusammengenommen wird der Einfluß eines solchen Communicationsmittels bedingt. Auf solche Weise kann aber auch dasselbe der größte Hebel für die daraus erwachsende Industrie und den damit unzertrennlich in Verbindung stehenden höheren Stand der wissenschaftlichen Bildung werden.

In diesem Falle wird sich natürlich die Eisenbahnlinie an die Hauptorte des Landes anschließen müssen, und es können nur ganz außerordentliche Umstände es passend erscheinen lassen, wenn man von dieser Richtung abgeht, um andere, außerhalb jener Linie gelegene Orte mit in die Trace aufzunehmen. In den meisten Fällen dürfte es bei Weitem angemessener sein, dergleichen Orte außerhalb der Trace zu lassen und sie durch Zweigbahnen mit der Hauptlinie zu verbinden. In diesem Falle folgt also die Eisenbahn der Richtung der Bevölkerung.

Soll aber

2) die Eisenbahn dazu dienen, in ganz neuen Ländern, wie z. B. in America, das erste Beförderungsmittel zu deren Bevölkerung und Bebauung abzugeben, so müssen letztere der Richtung der Eisenbahntrace, folgen und diese physische Beschaffenheit des Landes wird dann bei Bestimmung der Bahnlinie prävaliren. Man wird natürlich den Hauptbahnzug so zu dirigiren suchen müssen, daß durch denselben diejenigen Theile miteinander in Verbindung gesetzt werden, deren Producte oder sonstige Beschaffenheiten auf die vortheilhaftesten Erfolge schließen lassen. Hierbei dürfte es zuweilen als zweckmäßig erscheinen, die Trace selbst über einen Boden

von minderer Ertragsfähigkeit zu führen. Der letzterwähnte Umstand gab z. B. unter andern in America die Veranlassung Bahnen auf sehr große Ausdehnungen durch Wildnisse und vollkommen unwirthbare Strecken zu führen, sobald nur an den Endpuncten oder an einigen zwischenliegenden Orten eine hinreichende Personenfrequenz, oder ein so bedeutender Waaren- und Productentransport zu erwarten war, daß dadurch die Verzinsung des Anlage- und die Deckung des Betriebscapitals gesichert erschien, und niemals blieb der Zweck, selbst bei hier und da durch die Umstände bedingten enormen Anlagecapitalien, unerreicht.

Eine solche durch Wildnisse und weniger reiche Gegenden etablirte Verbindung einflußreicher Districte wirkt zugleich weniger störend auf die schnelle Erreichung der Endpuncte, wozu auch noch kommt, daß man das nöthige Grundeigenthum für die Bahnlinie zu billigen Preisen erlangen kann.

Ein Beispiel einer solchen Anlage giebt eine in Louisiana etablirte Eisenbahn, welche den Missisippi mit Opelousas, einem kleinen, 30 Meilen von ersterem entfernten Orte, verbinden. Die ganze Strecke, ungefähr 1 Meile vom Missisippi rückwärts bis auf 2 bis 3 Meilen von Opelousas, ist vielleicht eine der furchtbarsten Wildnisse in ganz America, die Heimath der Alligatoren, Bären und Schlangen. Der Zweck der Bahn war, das jenseits Opelousas gelegene fruchtbare Land mit dem Missisippi zu verbinden und die zwischen beiden Endorten gelegenen einzelnen, sehr fruchtbaren Theile dieser Wildniß der Cultur und Anbauung zu eröffnen. Die Bahn soll, dem erhaltenen Freibriefe zufolge, bis an die Sabine, die Grenze von Texas, verlängert werden, um sich auf diese Weise Mexico zu nähern und Texas mit Louisiana inniger zu verbinden. Die Gesellschaft erhielt zur Ausfüh-

rung dieses Werkes Bankprivilegien mit einem Capital von 4 Millionen Dollars.

3) Eine Eisenbahnlinie kann endlich noch aus dem Gesichtspuncte betrachtet werden, daß auf ihr Personen und Ladung mit einer und derselben zu verwendenden Kraft, in möglichst großer und gleichmäßiger Geschwindigkeit, von einem Endpuncte der Bahn zum andern transportirt werden sollen.

Da nun zwischen zwei gegebenen Puncten eine gerade Linie der kürzeste Weg ist, so dürfte dieselbe für die Eisenbahntrace in den meisten Fällen und selbst unter einigermaßen ungünstigen Verhältnissen entschiedene Vorzüge haben, so wie sie umgekehrt durchaus verwerflich wird, sobald ungünstige Steigungsverhältnisse eintreten, oder sobald sie nur durch ein unverhältnißmäßig großes Anlagecapital erlangt werden kann. Daß, nach Obigem, ferner die möglichste Annäherung in eine horizontale Lage wünschenswerth ist, bedarf kaum einer Erwähnung, weil jede Abweichung von der Horizontalen der Wirkung der Dampfmaschine nachtheilig entgegentritt und mithin gegen die unter 3 aufgestellten Bedingnisse streitet.

Wenn nun angenommen werden muß, daß der allgemeine Zweck der Eisenbahnen

1) eine mehr ökonomische, und

2) eine gegen die sonstigen Transportmittel bedeutend schnellere Fortschaffung von Gütern und vorzugsweise von Personen ist, so begründet eben dieser Zweck den wesentlichen Unterschied zwischen den Eisenbahnen und den gewöhnlichen Landstraßen, und es folgt namentlich aus dem Bedürfniß der Schnelligkeit die Nothwendigkeit einer künstlichen Krafterzeugung, namentlich die Anwendung der Dampfkraft und in'sbesondere der Dampfwagen. Dieser Zweig des Studiums für den Eisenbahn-Ingenieur erfordert dessen genaueste Kenntniß mit den Leistungen jener

Maschinen, da eben diese es sind, welche zu einem, durch eine Eisenbahn zu erlangenden, günstigen Resultate führen werden, daher sie bei der Auswahl einer Eisenbahnlinie eine sehr genaue Erwägung erheischen.

Der durch die Anlage einer Eisenbahn zu erreichende Zweck, in genauer Verbindung mit dem zu verwendenden Anlagecapitale, bedingt die zur Fortschaffung der Güter oder Personen anzuwendende Triebkraft. Die bisher zu diesem Zweck in Aufnahme gekommenen Kräfte sind folgende:

A. Animalische Kraft.

B. Dampfkraft, und zwar

a) bewegliche Dampfkraft, Dampfwagen;

b) stehende Dampfkraft, fixe Dampfmaschinen.

C. Wasserkraft, an die Stelle der vorhergehenden.

D. Die electromagnetische Kraft.

E. Die atmosphärische Luft.

Zu den bei der Wahl einer Eisenbahnlinie in genaue Betrachtung zu ziehenden Umständen gehört auch noch die in vielfacher Beziehung höchst wichtige Vertheilung der Einschnitte und Auffüllungen, mit andern Worten: die möglichst zweckmäßige Einrichtung des Auf- und Abtrages. Die Masse der in beiden Fällen zu bewegenden Erde sollte sich nicht allein möglichst ausgleichen, sondern es ist auch nöthig, die Umstände, unter denen die verschiedenen Auffüllungen in's Werk gerichtet werden können, genau zu berücksichtigen und zu untersuchen, ob nicht die in oder dicht an der Linie sich vorfindenden Erhöhungen vortheilhaft für die Benutzung bei den Auffüllungen verwendet werden können. Letzterer Umstand giebt einen sehr richtigen Maßstab über die Zulässigkeit einer gewissen Trace und für die ökonomische und zweckmäßige Ausführung der Arbeit zum

Vortheil der einen oder der anderen Bahnlinie. Es werden in der Praxis nur wenige Fälle eintreten, wo, wenn in Hinsicht der zu bearbeitenden Erdmassen ein bedeutendes Mißverhältniß Statt fand, das dazu verwendete größere Anlagecapital durch den spätern Erfolg gerechtfertigt werden dürfte. Dennoch finden sich in den Kostenanschlägen berühmter Ingenieurs in England unter diesem Titel bisweilen 70 bis 100 Millionen Cubikfuß als Ueberschuß von Ausgrabungen oder Mangel für die Ausschüttung, wodurch in beiden Fällen der Ankauf nicht unbedeutender Ländereien nöthig gemacht wird, ohne daß meistens bei einem daraus erwachsenden höchst bedeutenden Kostenaufwande für die Erdarbeiten viel günstigere Steigungsverhältnisse erzielt worden wären.

Den Ueberschuß von ausgegrabener Erde sucht man entweder durch größere Böschungsanlagen in den Aufschüttungen zu verwenden, oder man muß besondere Orte dazu bestimmen, wo dieser Abraum verstürzt wird. Hierdurch entstehen nutzlose Berge, die um so unangenehmer sind, je weniger diese Erde zur landwirthschaftlichen Benutzung tauglich ist. Der umgekehrte Fall tritt da ein, wo man für die Aufschüttungen Erdreich herbeiführen muß, indem dann durch die Ausgrabung ein nutzbarer Theil der Erdoberfläche zerstört wird.

Rücksichtlich der Lage der Einschnitte und Auffüllungen muß man deren gegenseitige Entfernung sehr wohl erwägen. Namentlich ist es von großer Bedeutung, zu untersuchen, ob die zur Anlage irgend einer bedeutenden Aufschüttung erforderliche Erde, von der Ausgrabung her, in einer Ansteigung herbeigeführt werden muß. In diesem Falle wird die Ausführung bedeutend erschwert und die Arbeit selbst in die Länge gezogen, indem sich in der Regel nach der Masse der Auffüllungen (Brücken etwa ausgenom-

men) die Zeit der Ausführung des ganzen Baues zum Voraus bestimmen läßt. Man arbeitet nämlich während der Ausführung dieser schwierigen Theile in der ganzen Bahntrace unaufhaltsam fort, so daß, wenn jene Aufschüttungen vollendet sind, der ganze übrige Theil des Bahnplanums ebenfalls fertig ist. Dieser Umstand läßt zuweilen statt der abwechselnd steigenden und fallenden Bahn im Planum wählen, bei welchem mehre Steigungen in eine einzige concentrirt werden, ein Gegenstand, auf den wir an einem andern Orte zurückkommen werden.

Die Theorie hat sich vielfach damit beschäftigt, die Richtigkeit der bisher aufgestellten Grundsätze herauszustellen, indessen hat dieß immer nur annähernd geschehen können, da sie in verschiedenen Verhältnissen auch verschiedenartig influiren. Wenn indeß auch die ersten Ingenieurs in England darüber abweichende Ansichten hegen, so darf dennoch jeder Eisenbahn-Ingenieur die bekannt gewordenen Erfahrungen keineswegs vernachlässigen, sondern er muß sie sich zur Richtschnur nehmen, solange es sich mit den obwaltenden Verhältnissen verträgt.

Ein Punct, welcher bei der Anlage einer jeden Eisenbahn von der höchsten Wichtigkeit ist und bei dem sich die Oberflächlichkeit der Beachtung allemal auf das Bitterste rächt, sind die Steigungsverhältnisse der Bahn. Ein allzugroßes Mißverständniß in dieser Hinsicht kann nicht allein eine Verlegung einzelner Puncte der Trace herbeiführen, sondern es kann dadurch sogar die ganze Anlage einer Eisenbahn unmöglich gemacht werden.

Es steht allgemein fest, daß 8 bis 9 Pfd. pro Tonne des Gesammtgewichtes auf einer horizontalen Linie für den Reibungswiderstand angenommen wer-

den müssen*), und daß $\frac{1}{280}$, nach Andern $\frac{1}{250}$, und noch nach einer andern Annahme $\frac{1}{200}$ diejenige Steigung sei, auf welche die Schwerkraft dem Reibungswiderstande gleich komme, denselben mithin balancire. In America nimmt man $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{250}$ als zulässig an, woraus für die deutsche Meile eine durchschnittliche Steigung von 100 Fuß noch practicabel sein dürfte. Hieraus geht die Nothwendigkeit hervor, die Steigungsverhältnisse soviel als möglich gleichmäßig einzurichten, vorzüglich aber, wenn es angeht, zu vermeiden, die Bahn sinken zu lassen, wenn der zu erreichende Endpunct derselben oder der zu übersteigende höchste Punct in derselben Richtung höher, als der Anfangspunct liegt, und so umgekehrt. Jede solche Senkung der Bahn führt späterhin eine verlorne Steigung nach sich. Macht das zwischen beiden Endpuncten der Bahn liegende Terrain die Ausführung der eben gegebenen Regel unmöglich, so muß man die zwischenliegenden Berge an ihren niedrigsten Puncten durchschneiden, die Thäler aber in ihrer höchsten Lage zu passiren suchen. Kann man auf diese Weise keine günstigen Steigungsverhältnisse erlangen, so muß man die Berge entweder mit einer unterirdischen Passage (Tunnel) durchschneiden, oder durch stehende Dampfmaschinen die Personen und Güterwagen hinüberziehen lassen, oder endlich, wenn die Steigungen nicht allzu bedeutend sind, durch Hülfsdampfwagen die fehlende Kraft zu ersetzen suchen.

Nach dieser allgemeinen Feststellung und der Ermittelung des gegenwärtigen oder künftig etwa zu erwartenden Personen- und Frachttransportes, und nach der Kraft, über welche man in den verschiede-

*) De Pambour nimmt 8 Pfd. pro Tonne an, welches mithin $\frac{2240}{8}$ Pfd., also den 280. Theil des Gesammtgewichts oder der Last beträgt.

nen Fällen zu gebieten hat, werden sich die bei der Anlage der Bahn zulässigen Steigungsverhältnisse bestimmen müssen.

Sowie in allen Zweigen dieser Wissenschaft, haben sich die Ingenieurs auch für die Steigungsverhältnisse ihre eigenthümlichen Theorien gebildet, aus denen Systeme entstanden sind, welche, einander schroff gegenüberstehend, unter den ersten und erfahrensten Ingenieurs jedes seine eigenen Vertheidiger gefunden haben.

Sämmtliche vorhandenen Systeme lassen sich indessen im Allgemeinen in zwei streng voneinander geschiedene Klassen theilen.

1) Die ganze Bahn besteht aus mäßigen Steigungsverhältnissen, so daß die Bahn sich dem Terrain ziemlich genau anschließt und mit demselben steigt oder fällt.

2) Es werden die zu übersteigenden Höhen auf einzelne Puncte concentrirt, an welchen dann die Steigungen kurz und stark sind, während für die übrigen Theile der Bahn auf diese Weise günstigere Steigungsverhältnisse oder gar theilweise horizontale Lagen erlangt werden können.

Die erstgenannte Einrichtung erleichtert im Allgemeinen die Arbeit des Ingenieurs außerordentlich, und es wird durch dieselbe auch das Anlagecapital meistentheils verringert werden, während im Gegentheile die zweite das Studium des Ingenieurs erschwert und oft sehr bedeutende Capitalien in Anspruch nimmt. Für das erste System sprechen folgende zwei Beobachtungen:

1) Die zur Fortbewegung eines gewissen Gewichtes, von irgend einem bestimmten Puncte zum andern, nöthige Kraft bleibt sich, solange keine Steigungen über 21 oder 25 Fuß pro englische Meile oder 97—115 Fuß pro deutsche Meile vorkommen, auf einer horizontalen oder auf einer durch verschie-

dene Steigungen unterbrochenen Bahn durchaus gleich. Werden hingegen die Steigungen größer, so prävalirt die Schwerkraft gegen den Reibungswiderstand, und es bleibt dann der Zugkraft ein größerer Widerstand zu überwältigen.

Die Fortbewegung des Gewichtes findet auf einer solchen Bahn in den beiden entgegengesetzten Puncten unter gleichen Umständen Statt, und man bedarf mithin für den Hinweg keiner andern Kraft, als für den Rückweg. Es ist nämlich einleuchtend, daß bei den Ansteigungen außer der, zur Bekämpfung des aus der Reibung erwachsenden Widerstandes nöthigen Kraft bei größeren Steigungen ein Surplus durch die Schwerkraft in Anspruch genommen wird, während bei'm Hinabgehen eben jene Schwerkraft durch eine entgegenwirkende Kraft gewaltsam aufgehoben werden muß. Die vermehrte Kraft in dem einen Falle gleicht sich mit der verminderten Kraft in dem anderen Falle aus, und beide zusammengenommen geben den zur Beförderung der Last in beiden einander entgegengesetzten Richtungen nöthigen Kraftaufwand, mit anderen Worten, die bei'm Hinabgehen ersparte Dampfkraft wird bei'm Ansteigen wiederum in Anspruch genommen, weil hier zu dem Reibungswiderstande noch der der Schwerkraft hinzukommt, wodurch ein größerer Kraftaufwand nöthig wird.

Wird nun aber die bisher unberücksichtigt gebliebene und bei Eisenbahnen so bedeutend in Betracht kommende Geschwindigkeit mit in's Spiel gezogen, so stellt sich folgende bemerkenswerthe, gegen alle mechanischen Gesetze streitende Thatsache heraus. Obgleich sich eigentlich die durchlaufenen Räume wie die Quadrate der Zeit verhalten sollten, so nimmt dennoch die Zeit der Bewegung bei einer geneigten Eisenbahn nicht in diesem Verhältnisse zu, und selbst

wenn dieß Gesetz sich in der Praxis der Eisenbahnen bewähren sollte, würde sich dennoch die Anwendung desselben nicht vortheilhaft darstellen. Es vermehrt sich nämlich, wenn die Kräfte der Maschine unausgesetzt benutzt werden, die Geschwindigkeit bei einer Steigung von $\frac{1}{140}$ um das Doppelte, dagegen bei $\frac{1}{700}$ um $\frac{1}{5}$ gegen die Geschwindigkeit der horizontalen Bahn. Es verlangt daher jede Steigung, welche größer ist als $\frac{1}{190}$, wegen der allgemeinen Sicherheit, Dauer der Maschine und der Bahn selbst, nur eine theilweise Benutzung der Dampfkraft.

Die durch eine größere, $\frac{1}{250}$ oder $\frac{1}{200}$ übertreffende Steigung bei'm Bergabfahren bewirkte größere Geschwindigkeit, deren Grund darin liegt, daß die Schwerkraft den aus der Reibung entstehenden Widerstand überwindet, ist daher zum größten Theil als verloren zu betrachten, und es steht daher die auf diese Weise erlangte Ersparniß der Dampfkraft nicht im Verhältniß zu der Höhe, von welcher der Zug hinabgeht, wie dieß auch die oben angegebenen Erfahrungen beweisen.

Auf den Eisenbahnen soll soviel als möglich durchgängig eine gleichmäßige Geschwindigkeit des Wagenzuges auf allen Theilen der Bahn erlangt werden. Bei einer Reihe von geneigten Ebenen hingegen wird es nothwendig, auf den Abhängen durch schnelles Fahren diejenige Zeit wieder einzubringen, welche bei'm Ansteigen zugesetzt wurde, oder umgekehrt bei den Ansteigungen die Kraft der Maschine mehr in Anspruch zu nehmen, als bei'm Hinabgehen. Eine solche Unregelmäßigkeit im Arbeitsgange der Maschine muß nicht allein nachtheilig auf dieselbe einwirken, sondern sie giebt auch außerdem sehr leicht Veranlassung zur Unaufmerksamkeit und Nachlässigkeit des leitenden Maschinisten, woraus bedeutende Unglücksfälle entstehen können. Um diesem Nachtheile

zu entgehen, sucht man bei einzelnen starken Steigungen die Dampfwagen durch stehende Dampfkraft, oder durch Hülfsdampfwagen vor der sonst übermäßigen Anstrengung zu bewahren und dadurch eine größere Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit der Maschine zu erzielen.

Eine andere nachtheilige Wirkung auf die Maschine, welche durch das abwechselnde Steigen und Fallen der Bahn herbeigeführt wird, ist folgende. Die nöthig werdende größere Kraftäußerung der Maschine, um den Hügel zu ersteigen, muß nach Erreichung der Höhe oft sehr plötzlich wieder gehemmt werden, um bei'm Bergabfahren der Schwerkraft entgegenzuwirken. Wenn nun eine Ansteigung von etwa 100 Fuß auf die deutsche Meile bereits eine größere, und zwar die doppelte Kraftanstrengung gegen eine Horizontale erfordert, so tritt das Bedürfniß einer möglichst geringen Ansteigung um so fühlbarer hervor. Selbst bei einer noch größeren Vervollkommnung der Dampfmaschinen wird dieses Bedürfniß ebenso fühlbar bleiben, da mit dieser Vervollkommnung auch die Ansprüche des Publicums wachsen werden.

So groß nun auch die von den Locomotiven ausgeübte Kraft sein möge, so sind dieselben doch im Allgemeinen nicht für große Steigungen berechnet, und ihr voller Werth tritt nur dann erst in das richtige Licht, wenn sie eben nichts weiter zu überwinden haben, als das Moment der Reibung. Man sollte daher nur solche Steigungen anwenden, auf welchen der Dampfwagen ohne außerordentliche Kraftanstrengung ein und dasselbe Gewicht ohne Zeitverluft gegen die Bewegung auf der Horizontalen fortziehen kann. Dieß wird allerdings bei den verschiedenen topographischen Lagen der Bahn meistentheils viele Schwierigkeiten haben, und sehr oft nur durch

Aufopferung unverhältnißmäßig großer Capitalien möglich und der Zweck der Bahn, ein billiges Transportmittel zu gewähren, durchaus verfehlt werden.

Um den eben angeregten Erfordernissen zu genügen, würde man daher suchen müssen, eine Bahnlinie zu finden, welche auf ihrem größten Theile eine allgemeine Steigung von 23—46 Fuß auf die deutsche Meile nicht überstiege, während einzelne Puncte derselben Steigungen bis zu 230 Fuß auf die deutsche Meile haben dürften. Alsdann würde man auf den erstgenannten Strecken mit der gewöhnlichen Dampfwagenkraft ausreichen, bei den steileren aber entweder Hülfsdampfwagen oder fixe Maschinen anwenden können. Daraus wird man dann zugleich, sobald man einmal von den geringern Steigungen die größte kennt, mit Rücksicht auf die verlangte Geschwindigkeit die erforderliche Kraft der Locomotiven bestimmen können, während für die größten Steigungen die Kraft der Hülfsmaschinen einer zweiten Berechnung unterliegt.

Die verlangte Kraftäußerung, in Verbindung mit der nöthigen Schnelligkeit, bestimmen dann wieder die erforderliche Schwere der Maschine. Man nimmt gewöhnlich an, daß gegen eine auf einer horizontalen Bahn laufenden Maschine eine solche, sobald die Steigung $\frac{1}{330}$ beträgt, ein Mehrgewicht von 6 Tonnen erfordere. Dieß müßte nothwendig, da man, sobald die Bahn solche Steigungen hat, so schwere Maschinen auf derselben durchgängig anwenden müßte, für die günstiger gelegenen Theile ein todtes Gewicht herbeiführen. Aus dieser größeren Schwere der Maschine aber geht nothwendig auch das Bedürfniß eines stärkeren und kostspieligeren Unterbaues für die ganze Länge der Bahn hervor, welcher nothwendig wieder eine Vergrößerung des Anlagecapitals bedingt.

Aus allem eben Gesagten geht hervor, daß man immer vortheilhafter eine Bahnlinie anwenden wird, bei welcher die Mehrzahl der Steigungen geringe, einige aber sehr bedeutend sind, als eine solche, bei der die Steigungen unter sehr verschiedenen Verhältnissen abwechseln; denn man wird in diesem Falle für die Dampfwagen keiner größeren Schwere bedürfen, als dieselbe zur Fortbringung der Last auf einem fast horizontalen Terrain bedarf, da auf den steileren Theilen die Hülfsmaschinen die entstehende Ueberwucht auf sich nehmen. Dadurch wird dann auch der schwerere Oberbau entbehrlich gemacht.

Noch erheblicher werden diese Vortheile, sobald die Beförderung von Personen den Hauptbetrieb der Bahn ausmacht, da hier die größtmögliche Schnelligkeit unbedingtes Erforderniß ist. Selbst für den Transport von Lasten gewährt eine Lage mit langen horizontalen und wenigen, aber starken Steigungen Vortheile gegen die Bahn mit ununterbrochenen starken Steigungsverhältnissen. Da nämlich die höchste Ansteigung allemal das Maß für die anzuwendende Kraft giebt, so ist es klar, daß eben diese Kraft auf der horizontalen Bahn eine viel größere Geschwindigkeit, als Bedingung für die Passagiere und eine bedeutendere Kraftäußerung zum Transporte der Güter darbieten wird. Daraus resultirt zugleich neben dem Vortheil für das Publicum auch der Vortheil des Eigenthümers der Bahn, da die leichteren Maschinen und die leichtere Bahn auch geringere Unterhaltungskosten verlangen.

Nichtsdestoweniger haben Oekonomie, Statistik und Topographie auf die Anlage einer Eisenbahn oft so vielen Einfluß, daß Abweichungen von dieser Maxime nicht allein gerechtfertigt, sondern sogar unerläßlich erscheinen. Hierin unterscheidet sich England wesentlich von America, denn in England verwendet

man ungemessene Capitalien auf die Erreichung der möglichst günstigen Steigungen, während in America allein der Grundsatz gilt, daß ein Eisenbahnunternehmen nur dann gedeihen könne, wenn es in möglichst kürzester Zeit mit dem möglichst geringen Anlagecapital vollendet werde.

Nach dem bis jetzt Gesagten könnte man eigentlich vier verschiedene Arten von Eisenbahnen annehmen.

1) Eisenbahnen mit ununterbrochenen Steigungsverhältnissen, welche eine bedeutende, jedoch immer noch zulässige Kraftanstrengung der Maschine auf dem größten Theile der Bahn erfordern.

2) Bahnen wie die vorige, jedoch mit einzelnen concentrirten Steigungen, welche einen Hülfswagen erfordern.

3) Eisenbahnen, wo außer einigen solchen starken concentrirten Steigungsverhältnissen in der größten Ausdehnung der Bahnlinie horizontale, oder nur wenig davon abweichende Steigungsverhältnisse Statt finden.

4) Die Combination aller drei eben angeführten Bahnarten.

Ein wesentlicher Gegenstand, welcher bei der Bestimmung der Auswahl und Etablirung einer Eisenbahnlinie ein Hanptaugenmerk verdient, sind die bei Veränderung der Bahnrichtung entstehenden Krümmungen. Abgesehen von der aus derselben resultirenden Verlängerung der Bahn, üben diese Krümmungen nicht allein auf die Maschinerie der Dampfwagen, sondern auf alle Personen- und Frachtwagen einen höchst nachtheiligen Einfluß, der in demselben Verhältnisse zunimmt, als die Radien dieser Krümmungen abnehmen, und um so größer wird, je länger die Wagen werden, d. h., je weiter die an denselben unbeweglich befestigten Räderpaare voneinander entfernt sind. Es entsteht nämlich aus dieser

Krümmung der Nachtheil, daß ein vorderes und das ihm entgegengesetzte Hinterrad mit dem Spurkranze schleifen.

Obgleich der aus den Krümmungen erwachsende und dem gewöhnlichen Reibungscoefficienten auf der geraden und horizontalen Bahn noch zuzurechnende Reibungswiderstand in der Praxis noch nicht durch großartige Versuche so bestimmt ausgemittelt worden ist, als dieß bei der geraden Linie geschah, so stehen doch folgende allgemeine Sätze fest:

Während der allgemeine Widerstand bei den Steigungen noch durch die Schwerkraft motivirt wird, tritt bei der Krümmung noch derjenige Widerstand hinzu, welcher aus der Befestigung der beiden Räderpaare an der Achse entspringt. Es müssen nämlich die äußeren Räder des Wagens einen größeren Weg zurücklegen, wodurch ein Schleifen gegen die Achse bewirkt wird, ein Effect, der noch dadurch vergrößert wird, daß die beiden Spurkränze gegen die Schienen der Bahn schleifen, wie bereits erwähnt wurde. Aus dem Gesagten folgt, daß bei einer in der Aufsteigung liegenden Krümmung ein vierfacher Widerstand mit in's Spiel tritt.

Das Schleifen der äußeren Räder und die Reibung der Spurkränze gegen die Schienen hat man dadurch zu verringern gesucht, daß man einerseits dem Radkranze eine conische Gestalt gab, andererseits aber für die Krümmung die äußere Schienenreihe etwas höher legte. Obgleich dieser Grundsatz in der Theorie richtig ist und, der angewendeten Constructionsweise nach, die Schwerkraft und die Centrifugalkraft einander durch ihre gegenseitigen Einflüsse aufheben müßten, so tritt nichtsdestoweniger in der Praxis ein nachtheiliger Reibungswiderstand ein. Der Einfluß desselben und seine größere oder geringere Bedeutsamkeit hängen von der Länge des Bogenra-

dius, von der Spurweite im Bogen, von der Zahl und dem Gewichte der einen Train bildenden Fahrzeuge, von der Geschwindigkeit des Wagenzuges, namentlich in dem Augenblicke des Ueberganges von der geraden in die Bogenlinie, von der Schwungkraft und dem Einflusse des Luftzuges ab, und werden um so nachtheiliger, wenn im Niveau der Schienen oder in der Construction der Wagen noch obenein Fehler Statt finden. Die Unregelmäßigkeiten in der Construction der Bahn werden am Bemerkbarsten und ihre nachtheilige Einwirkung zeigt sich am Meisten bei dem Schleifen der einander diagonal entgegengesetzten Räder auf den Schienen. Es wird in diesem Falle bei einer geringen Geschwindigkeit der Spurkranz des innern Vorderrades, bei einer größeren aber der Spurkranz des äußeren Vorderrades gegen die anliegende Schiene einen verderblichen Stoß ausüben, oder doch mindestens durch die schleifende Bewegung die Schiene aus ihrer Lage zu drängen streben.

Außerdem wird auch die Verbindungsweise der Wagen untereinander leicht im Stande sein, einen nachtheiligen Einfluß auszuüben, indem dadurch bei großer Geschwindigkeit die Schwungkraft sehr vermehrt, ja zuweilen selbst ein Ablaufen des letzteren Theiles vom Wagentrain aus der Schienenlinie verursacht werden kann.

Die Wichtigkeit der eben aufgestellten Sätze zeigt sich vorzugsweise bei mit vielen Krümmungen von kleinen Radien versehenen Bahnen, durch die schnelle Abnutzung der Rad- und Spurkränze an jener Stelle, wo sie einander übergehen. Nach Mittheilungen von Eisenbahn-Ingenieurs in England nimmt man dort für einen Bogen von 3000 Fuß Radius $10\frac{1}{2}$ Pfd., und für Bogen von 2000 Fuß Radius 12 Pfd. pro Tonne für den Reibungswiderstand an, vorausgesetzt, daß beide Krümmungen in der Horizontale liegen.

Auf einer horizontalen, geraden Linie beträgt, wie wir wissen, der Reibungswiderstand nur 8 Pfd. pro Tonne. Hingegen bewegt ein und derselbe Dampfwagen, welcher auf einer horizontalen und geraden Bahn 60 Tonnen mit einer gewissen Geschwindigkeit fortziehen würde, bei einem Bogen von 3000 Fuß Radius und $\frac{1}{200}$ Steigung, nur 52 Tonnen, und bei einem Bogen von 2000 Fuß Radius mit derselben Steigung, nur 44 Tonnen. Obiges Gewicht verringert sich bei einer Steigung $\frac{1}{160}$ für einen Bogen von 3000 F. Radius bis auf 41 Tonnen, und für 2000 Fuß Radius bis auf 30 Tonnen, wobei jedoch Dampfwagen und Munitionswagen nicht mit gerechnet sind.

Construction des Planums.

Der Grundsatz, den Oberbau möglichst trocken und darum gehörig hoch zu halten, bedingt die Art und Formation des Planums, auf welchem der Oberbau eingerichtet werden soll, und es ist für den Eisenbahn-Ingenieur von der höchsten Wichtigkeit, diesen Grundsatz nie aus den Augen zu verlieren, da die Befolgung desselben auf die Dauer der ganzen Eisenbahnanlage von dem wesentlichsten Einflusse ist.

Obgleich dieses Thema eigentlich in den Bereich des bereits vielfach bearbeiteten Chausséebaues gehört, so dürften dennoch einige hierher gehörige Bemerkungen nicht ganz überflüssig sein.

Um dem Planum, sobald es sich um Auffüllung handelt, die nöthige Festigkeit zu geben, muß die neu anzuschüttende Erde jedes Mal durchaus gleichmäßig vertheilt werden. Sind die Auffüllungen nicht allzu stark, so kann man sich durch Walzen oder Stampfen helfen, um dadurch dem neuen Boden die möglichste Festigkeit zu geben; wird jedoch die zu formirende neue Aufschüttung sehr bedeutend, so muß man schicht-

weise arbeiten und das Material so ausbreiten, daß dadurch das dichte Ineinanderdrängen der einzelnen Erdmassen befördert werde.

Sind die Distanzen, auf welchen das Erdreich bewegt werden soll, nicht allzu bedeutend, so kann man sich der Schiebkarren zum Transporte desselben bedienen; treten aber größere Entfernungen ein, so wird diese Bewegungsart unzweckmäßig. Dann wendet man zweirädrige Karren an, welche durch Menschen, bei noch größeren Entfernungen aber durch Pferde gezogen werden. Auch kann man mit Vortheil kleine Hülfseisenbahnen anlegen.

Bei der Entladung dieser Karren und der Ausbreitung des Erdreichs auf dem Planum finden verschiedene Methoden Statt, indem diese Entladung entweder seitwärts nach den Böschungen zu, oder vorwärts in der Richtung der Achse der Bahntrace geschehen kann. Die erste Methode ist jedenfalls die weniger gute, da auf diese Weise die losen, hinunterrollenden Erdtheilchen eigentlich nur aufeinander hängen, anstatt sich aneinander zu pressen, was durch das spätere Anstampfen immer nur mangelhaft erreicht wird. Am Auffallendsten und zugleich am Schädlichsten ist dieser Umstand nach dem Fuße der Böschung zu, da die Erdtheile hier ihre Schnelligkeit verlieren, während die obere, mehr substantielle Theil dabei ohne die nöthige Unterstützung bleibt. Anders ist es bei den Aufschüttungen nach Vorwärts, da hier die Aufschüttung allemal auf der ganzen Breite des Dammes Statt findet und daher der bereits aufgeschüttete Theil jedesmal durch die spätere Nachfüllung einen gewissen Grad von Consistenz erhält, welcher noch dadurch vermehrt wird, daß die Arbeiter und die Transportmittel einen gewissen Druck darauf ausüben.

Die Aufschüttungen sollten daher niemals seitwärts, sondern immer in der Richtung der Bahnlinie vorgenommen werden; wollte man jedoch nichtsdestoweniger seitwärts abladen, so müßte dieß auf die in Fig. 128 angegebene Weise geschehen. Man würde nämlich auf einer bedeutenden Länge der Bahn die Aufschüttung von unten auf beginnen, indem man eine Ableitungsbahn b auf Böcken c, c von der Krone des Dammes so weit vorschöbe, daß man etwa das Stück der Böschung von a bis d auffüllte, alsdann das Stück von d bis e folgen ließe, und so fort, bis man die Krone des Dammes erreicht hätte. Auf diese Weise müßte man die Auffüllung von der Mitte des Profils beginnen und nach Außen hin anschütten, wodurch man den Vortheil erlangen würde, daß der Kern des Profils durch die nachfolgenden Anschüttungsarbeiten bedeutend consolidirt würde. Das fortwährende Verlegen der Ableitungsbahn aber macht diese Methode kostspielig und zeitraubend.

Bei sehr breiten Dämmen sollte man anfänglich, wie in Fig. 129 auf b, c und f, g. Hülfseisenbahnen legen, und diesen Theil des Profils vollenden; späterhin, sobald jene Theile sich etwas consolidirt haben, könnte man dann auf A, e ebenfalls eine Hülfsbahn anlegen und diesen Theil des Profils dann um so besser vollenden. Die Fälle, wo man ein solches Verfahren anwenden könnte, werden indessen selten vorkommen und lassen auch den Zweck selbst eigentlich unerfüllt, weßwegen es unter allen Umständen am Zweckmäßigsten ist, gleich das ganze Dampfprofil auszuarbeiten. Man wird nämlich die Auffüllung selbst, gleich bei der Anlage, in der erforderlichen Höhe und mit der nöthigen Kronenbreite und den Böschungsanlagen ausführen, und zugleich auf das Setzen oder Sinken der losen Erde insofern mit Rücksicht nehmen, daß man alle Dimensionen

um Etwas überhöht, wodurch man einem späteren zu starken Einsinken vorbeugt.

Die Arbeit selbst schichtweise vorzunehmen, wie dieß oben vorgeschlagen wurde, wird nur bei geringen Auffüllungen anwendbar sein, obgleich es dem Ganzen eine größere Solidität verleiht, umsomehr, wenn der Transport der Materialien stets auf dem neuen Planum geschieht. Daß das zur Aufschüttung zu benutzende Erdreich vorher von Allem, was durch Fäulniß oder Druck ein Nachsinken veranlassen könnte, gesäubert werden muß, versteht sich von selbst.

Sehr hohe Aufschüttungen (embankments) sollten, damit sie die größtmöglichste Solidität erlangen, mindestens einen Winter unbebaut liegen bleiben, eine Maßregel, welche überhaupt bei allen Dämmen ohne Ausnahme empfehlenswürdig ist.

In Hinsicht auf die Böschungsanlage, welche man den Erdaufschüttungen zu geben hat, läßt sich im Allgemeinen nichts feststellen, da dieser Gegenstand sich allemal nach den Localverhältnissen normirt. Gewöhnlich wird man eine ein- oder anderthalbfußige Böschung anwenden müssen, die jedoch den Umständen nach bis zu einer zweifüßigen und noch größeren erweitert werden muß.

Die Breite des Planums richtet sich darnach, wie viele Schienenbahnen auf denselben angelegt werden sollen. Wenn auch bei einer Hauptbahn anfänglich nur die Anlage eines Gleises beabsichtigt wird, sollte man dennoch dieselbe immer für zwei Gleise einrichten, weil eine spätere Verbreitung des Planums allemal eine geringere Solidität desselben herbeiführt; ein Nachtheil, welcher dadurch keineswegs compensirt wird, daß die spätere Erdbewegung durch Benutzung der schon bestehenden Bahn ein viel geringeres Anlagecapital erfordert.

Der Zwischenraum zwischen zwei Bahnen sollte immer mindestens 1 Fuß größer sein, als die Breite des Gleises.

Die Kronenbreite des Planums hängt ferner von der Güte des Erdreichs ab; gewöhnlich nimmt man 4 bis 5 Fuß Raum vom Ende der Längenunterstützung der Schiene bis zum Anfange der Böschung als Minimum an. Bei Einschnitten muß die Krone des Planums mindestens so breit sein, daß wenigstens noch ein Banket von 4 Fuß Breite von der Längenunterstützung der Schienen einer einfachen oder doppelten Bahn bis an die äußeren Wasserabzugsgräben übrig sei.

Während der Formation des Dammes ist jede Wasseransammlung möglichst zu vermeiden. Nach Vollendung der ganzen Aufschüttung wird dieselbe gehörig profilirt und die Böschungen, wenn das aufgefüllte Erdreich gut ist, mit Grassaamen besäet. Taugt das Erdreich nicht dazu, so muß man den Damm mit guter Erde plattiren und dann erst besäen, oder man muß ihn mit niedrigem Strauchwerk bepflanzen.

Für die Trockenerhaltung der Bahn legt man Abzugsgräben längs derselben am Fuße der Aufschüttung an. Arbeitet man dagegen im Abtrage, so werden nicht allein neben dem Planum, sondern auch in den Ausgrabungsanlagen selbst, oder oben zur Seite derselben Abzugsgräben angelegt, um alles Wasser, soviel als möglich, von der Bahn entfernt zu halten. In England wendet man außerdem bisweilen noch thönerne Röhren, 2 bis 3 Zoll im Durchmesser, an, um das Wasser zwischen den Schienenreihen unterirdisch abzuleiten.

Durchlässe zur Abführung des Wassers außerhalb des Planums können auf sehr verschiedene Weise construirt werden. Beispiele davon sind in Fig. 130,

131 und 132 dargestellt. In sumpfigem oder quellhaltigem Boden müssen jedenfalls unter dem Planum gemauerte Ableitungsrinnen oder Canäle angebracht werden, welche in die Seitengräben ausmünden.

Bei sehr kostspieligem Terrain, und wenn das Steinmaterial nur einigermaßen billiger im Preise steht, kann man die Ausdehnung der Anlage, sowohl im Auftrage, als im Abtrage, verringern, indem man Futtermauern anlegt und dieselben aus solidem Mauerwerke, mit den gehörigen Strebepfeilern versehen, aufführt.

Die Stärke, welche man solchen Futtermauern geben muß, wird durch den Druck des dahinterliegenden Erdreichs bestimmt und richtet sich nach der zu stützenden Erdmasse und nach der Höhe der Mauern. Die Grundsätze, nach welchen man bei derartigen Anlagen zu verfahren hat, sind in allen Lehrbüchern der Ingenieur-Wissenschaften auseinandergesetzt, weßhalb wir unsere Leser auf diese verweisen.

In Gegenden, wo das Steinmaterial sehr wohlfeil ist, erlangt man diese Futtermauern und ihre Strebepfeiler auch durch das trockene Aufeinanderlegen von Bruchsteinen, denen man eine mäßige Anlage, wie etwa 1 zu 10, giebt.

Es leuchtet ferner ein, daß der Werth der Bahn um so mehr steigt, mit je größerer Solidität die Erdarbeit in allen Theilen, namentlich in der Oberfläche, ausgeführt ist, und es muß dieselbe bei der Etablirung des Fundamentes vollkommen trocken sein, weßhalb man auch zu den Aufschüttungen vorzugsweise Kies oder Sand verwenden sollte. Nasser Lehm, überhaupt jede Erde, welche mit vielen vegetabilischen Stoffen geschwängert ist, wird dem vorgesteckten Zweck am Wenigsten entsprechen; ist man aber dennoch gezwungen, dergleichen anzuwenden, so muß man dieselben zuvor höchst sorgfältig in kleine

Stücke zerschlagen und von allen schädlichen Bestandtheilen reinigen.

Ist der zu erhöhende oder solid zu machende Boden von moorartiger Beschaffenheit, so muß man das Wasser durch Abzugsgräben abzuleiten suchen, die obere Rasendecke abheben und dann erst die Auffüllungsarbeit beginnen. Kommt man auf diese Weise nicht zum Ziele, so muß man den Moorboden so tief, als möglich, ausheben, und mit der Auffüllung so lange fortfahren, bis das aufgetragene Erdreich nicht mehr nachsinkt. Ist der Moorboden grundlos, so thut man am besten, einen Pfahlrost zu schlagen, und auf diesen eine Mauer oder zweckmäßige Holzconstruction zu gründen, auf welcher man alsdann die Schienenbahn etablirt. Faschinendämme in einem solchen Boden vorzurichten, dürfte weniger zu empfehlen sein. Die Auffüllungsarbeiten geschehen hierbei am Besten und Zweckmäßigsten auf Hülfsbahnen, welche man durch Unterlagen von möglichst breiten Bohlen vor dem Einsinken schützt.

Sämmtliche Pfähle müssen, wo es immer sein kann, mit ihren Köpfen so tief unter der vielleicht später aufzuschüttenden Erdoberfläche liegen, daß sie dem Verfaulen weniger ausgesetzt sind, überhaupt aber müssen sie gehörig getheert werden. Sämmtliche Pfähle müssen der Länge nach durch eine aufgezapfte Schwelle n miteinander verbunden werden, und erst über diese werden die Querschwellen für die Schienenunterlagen aufgekämmt. Die Localverhältnisse sprechen hier sehr viel mit.

In den holzreichen Gegenden Amerika's sucht man zu großen Unebenheiten des Terrains, welche man zu Erlangung der für die Bahn erforderlichen Höhe durch Auffüllungen hätte ausgleichen müssen, entweder durch Pfähle, auf deren Köpfen unmittelbar die Bahn ruht, oder durch eine auf diese Pfähle ge-

setzte Holzwand, durch welche die Bahn gestützt wird, abzuhelfen.

Diese Holzwände (truss-work) erhalten sehr verschiedenartige Constructionen, doch macht die geringe Solidität derselben sie, im Ganzen genommen, wenig empfehlenswerth. Bei ihrer beträchtlichen Höhe nämlich sind sie wenig dazu geeignet, der Erschütterung, welche durch die sich darauf hin- und herbewegenden Fahrzeuge entsteht, den gehörigen Widerstand entgegenzusetzen; will man sie aber diesem Zwecke gemäß construiren, so werden sie, namentlich in holzarmen Ländern, sehr kostspielig. Eine Ausnahme hiervon machen natürlich die Uebergänge über Thäler, oder tief liegende, noch anderweit zu benutzende Orte, wo eine Brücke oder Bogenstellung, sei es von Steinen, Ziegeln oder Holz erbaut, eine passende Anwendung findet.

In Amerika wendet man diese truss-works oder trestle-piers jedoch immer noch häufig an. Man etablirt dann später, ja selbst erst bei'm Verfaulen des Holzes, die Erdaufschüttung, welche dann durch die bereits bestehende Eisenbahn um so billiger und zu einer gelegeneren Zeit bewerkstelligt werden kann.

Da die Eisenbahnen sehr häufig mit den Land- oder Commercialstraßen und mit den Vicinalwegen collidiren werden, so muß gleich bei Anlegung des Planums auf dieses Durchschneiden der Straßen (crossing) ein besonderes Augenmerk gerichtet werden.

Das Durchschneiden der Straßen selbst kann hinsichtlich der Lage der Bahn gegen das angrenzende Terrain, oder in Folge bestehender Gesetze auf verschiedene Art bewerkstelligt werden. Entweder wird die Landstraße über oder unter der Bahn durchgeführt, oder beide fallen in eine und dieselbe Ebene.

Soll die Straße oberhalb der Bahn geführt werden, so bedingen die Tiefe des Erdeinschnittes, welcher durch die Anlage der Bahn nöthig wurde, die Natur des Bodens, folglich auch die Anlage und Entwässerung, so wie die Bedeutsamkeit der Straße selbst, endlich aber auch die Beschaffenheit der Localverhältnisse, die Bauart der für diesen Zweck anzulegenden Ueberbrückung. Als Regel steht für die Höhe der Durchfahrt fest, daß das Minimum dieser Höhe über den Schienen bei alleiniger Anwendung der Norris'schen Locomotive 15 Fuß, sonst aber 15 Fuß 6 Zoll sein muß. Ist der Einschnitt weniger tief, so muß die fehlende Höhe durch eine Aufschüttung zu beiden Seiten hervorgebracht werden. Diese Aufschüttung bildet dann die Auffahrt oder Rampe der Brücke, und ihre Anlage kann zwischen 1 zu 15 und 1 zu 18, je nach der Größe der Passage auf dem Wege, angenommen werden.

Die Bogenweite der Brücke, also die eigentliche Durchfahrt, hängt von der Breite der Bahn und von dem Umfange der erforderlichen Entwässerungsanlagen ab. Letztere erfordern um so mehr Sorgfalt, je tiefer der Einschnitt ist, und werden in den meisten Fällen eine Bogenweite von 23 bis 33 Fuß nöthig machen. Das zuerst angegebene Maß wird jedoch nur da Anwendung finden, wo die Entwässerung der Bahn außerhalb der Brücke Statt finden kann.

Die Construction dieser Ueberbrückung gehört in ein Fach der Architectur und Brückenbaukunst, worüber weiter unten Einiges mitgetheilt werden wird.

Soll dagegen der Landweg unterhalb der Eisenbahn durchgeführt werden, so hängt die anzuwendende Construction lediglich von der Situation der Bahn ab. Ist dieselbe nämlich mittelst eines Viaductes über das Terrain, auf welchem der Weg liegt, hin-

weggeführt, so bedarf es für Letzteren keiner andern Vorkehrung als vielleicht einer Verlegung desselben, um unter einer der Bogen- oder Jochöffnungen hindurchgeführt werden zu können. Die gänzliche Verlegung des Weges, oder, wenn das Terrain es zuläßt, ein Einschnitt, wird nämlich nur dann nöthig werden, wenn die Höhe des Viaductes über den natürlichen Boden keine Passage für gewöhnliche Fuhrwerke, unter der Bahn hindurch, zuläßt, was indeß selten der Fall sein wird, weil sonst nur eine Erdaufschüttung in Stelle des Viaducts angeordnet sein würde. Einige für solche Viaducte passende Constructionen sind bei'm Abschnitte von den Brücken durch Beispiele erläutert.

Ist endlich die Bahn mittelst einer Aufschüttung über einen Weg zu führen, so ist für den Letztern die nöthige Oeffnung mittelst eines Gewölbes oder Tunnels zu erlangen, oder der Landweg ist durch Rampen zur Höhe der Bahn zu erheben.

Derjenige Fall, wo die Eisenbahn und der Landweg in einer und derselben Ebene liegen, oder wo nur unbedeutende Rampen für den Landweg gebraucht werden, ist in England durch ein neuerdings gegebenes Gesetz als unzulässig verboten worden, wodurch zwar allerdings die größte Sicherheit für die Passage auf beiden erlangt, das Anlagecapital für die Eisenbahn aber bedeutend erhöht wird. Uns ist in Amerika kein Fall bekannt geworden, wo durch diesen Umstand irgend ein Unglück geschehen wäre, welchem um so eher vorgebeugt wird, sobald die Landwege durch Barrieren geschlossen gehalten werden, welche man nur öffnet, wenn die Eisenbahn nicht befahren wird. Das Nähere über diesen Gegenstand wird bei Gelegenheit der Einfriedigung der Bahnen erörtert werden.

Soll bei dergleichen Kreuzungen das gewöhnliche Fuhrwerk quer über die Schienen der Bahn fahren,

so wird es nöthig, zum Schutze der Letzteren folgende Construction des Bahnplanums anzuwenden.

Die ganze Fläche der Bahn, so weit dieselbe mit der Vicinalstraße in Berührung kommt, ist, um die Passage für die gewöhnlichen Fuhrwerke so bequem, als möglich, zu machen, mit einer Steinpflasterung zu versehen, welche von regelmäßig, am Besten in Cubikform, behauenen Steinen gefertigt wird, und deren Niveau entweder mit dem der Eisenbahnschienen gleich hoch liegt, oder welche, was fast noch besser ist, um $\frac{1}{2}$ Zoll niedriger, als die Bahnschienen gelegt wird. Statt der Pflasterung mit Steinen kann man auch eine solche von Holzwürfeln, deren Hirnseite nach Oben gerichtet ist, anwenden. Das Ganze erhält, nach allen vier Seiten hin, einen geringen Abfall von der Mitte aus, um das Regenwasser und andere Unreinigkeiten, welche sich bei dem Uebergange des gewöhnlichen Fuhrwerkes über die Schienen in der Nähe der letzteren absetzen würden, von der Rinne **M**, Fig. 133 entfernt zu halten und nach dem Hauptabzugsgraben der Bahn, welcher außerhalb des Straßenüberganges liegt, zu leiten. Den Raum zwischen den Schienen, statt denselben zu pflastern, nur mit Erde oder kleingeschlagenen Steinen auszufüllen, ist durchaus unrathsam, indem dadurch sehr bald ungleichmäßige Setzungen entstehen müßten. Die den Schienen zunächst liegenden Kanten des Pflasters werden mit platten Schienen belegt, wie es aus dem Profil, Fig. 133 und 134, näher hervorgeht. Diese Hülfsschienen werden dann auf den Pflastersteinen oder Holzwürfeln, wie gewöhnlich, angebracht, und zwar zeigt Fig. 133 die Construction bei Steinen, und Fig. 134 diejenige, wo Holzwürfel angewendet sind.

Sobald in Ermangelung der Steine die Pflasterung mittelst Holzblöcken oder Langholzstücken geschieht,

wird eine Holzschwelle in der ganzen Breite der Landpassage zu beiden Seiten jeder Schienenreihe angebracht und, nach Umständen, einfach oder doppelt mit Flachschienen belegt, um sie vor der Abnutzung zu schützen, siehe Fig. 134. Zuweilen legt man auch die Bahnschiene ebenso hoch oder nur etwas tiefer, als diese Seitenstücke. Das Tieferlegen der Eisenbahnschienen hat den Vortheil, daß die Räder der, die Kreuzung passirenden, gewöhnlichen Fuhrwerke die Bahnschienen nicht berühren, daher nicht abnutzen, oder in ihrer Lage stören können; dagegen hat es aber den Nachtheil, daß der Schmutz sich leichter auf diesen Schienen anhäuft und dadurch nicht allein die Reibung bedeutend vermehrt, sondern daß sich auch leicht Holz oder Steine zwischen die Holzlage und die Schienen klemmen können, wodurch das Ausspringen der Wagen herbeigeführt werden könnte. Es ist daher, wenn dieser Theil der Bahn nicht unter gehöriger und ununterbrochener Aufsicht steht, besser, die Schiene mit den Seitenstücken in ein und dasselbe Niveau oder sogar ein Wenig erhaben über dieselben zu legen.

Die Seitenschwellen sind immer so zu construiren, daß das Wagenrad in allen Fällen frei und ungehindert passiren kann, wobei besonders der Spurkranz berücksichtigt werden muß, der, obgleich er nur einen Zoll dick ist, des Spielraumes wegen, für die Rinne **M**, Fig. 133, wenigstens eine Breite von 2 Zoll, bei einer Tiefe von 2 bis 3 Zoll, erfordert. Da sich hier aber in dieser Rinne immer Unreinigkeiten ansetzen, oder Wasser sammeln wird, ist ein gemauerter oder auf irgend andere Weise zu etablirender Abzugscanal unter denselben in den meisten Fällen sehr vortheilhaft. Fig. 134 bei **M**.

Solche Canäle sind gewöhnlich nach Fig. 135 construirt und von hinlänglicher Größe, um für einen

Knaben, der dieselben reinigen soll, Raum genug zu geben. Alle 16 bis 17 Zoll befinden sich unter den Schienen Oeffnungen zum Abflusse des Wassers und sonstiger Unreinigkeiten. Da jedoch die Anlage eines solchen Canals allemal sehr kostspielig ist, werden in den meisten Fällen einzelne Rinnen, welche nach dem Profile Fig. 134 construirt sind und sich außerhalb, in den gewöhnlichen Abzugsgräben der Bahn, entledigen, dem Zwecke hinlänglich entsprechen, indem diese Abzugsgräben jedenfalls, oder doch in den meisten Fällen außerhalb der Bahn, in gerader Richtung fortgeführt werden müssen und dort weniger kostspielig construirt zu werden brauchen, da sie nur einer gewöhnlichen Ueberwölbung bedürfen. Da jede Abweichung von der allgemeinen Construction der Bahn Veranlassung zu Unregelmäßigkeiten und Unglücksfällen bei'm Befahren geben kann, hat man in Deutschland, der größeren Sicherheit wegen, diese Plätze unter besondere Aufsicht von Bahnwärtern gestellt, die dann gleichzeitig die dort etablirten Barrièren controliren können, um das Zusammentreffen von Fuhrwerken und Bahnwegen zu vermeiden.

Ein anderer Fall der Kreuzungen der Bahnen ist derjenige, wo nicht Landstraßen, sondern Wasserstraßen von der Eisenbahn überschritten werden. Dieser Fall läßt die mannichfaltigsten Modificationen zu, da diese Wasserstraßen, sowohl in ihrer Größe, als in ihrer Beschaffenheit, sehr verschiedenartig sein können, und der Uebergang selbst schon durch den Winkel, unter welchem die Kreuzung Statt findet, mancherlei Veränderungen hinsichtlich der einen oder der andern zu erwählenden Construction unterliegen muß.

Wir wollen hier diese Uebergänge der Reihe nach einer näheren Beobachtung unterziehen und wenden uns daher zuerst zu deren kleinsten Form.

Bei Anlagen von Eisenbahnen wird häufig bei der Ueberschreitung kleiner Abzugsgräben, Wasserzüge und Straßenübergänge die Anlage von Durchläffen erforderlich werden, ohne daß dazu die nöthige Höhe zur Anlage eines Gewölbes oder einer ähnlichen Construction vorhanden wäre. In dergleichen Fällen kann man sich dann durch eine Eisenconstruction helfen, da in der Regel selbst eine Holzconstruction noch eine zu große Höhe erfordert. Wird die Bahn allein mit Locomotiven befahren, so ist es gar nicht einmal erforderlich, die Oeffnung selbst zu schließen, es dürfen dann nur in der Richtung der Schienen eiserne Rippen über die Oeffnung gelegt und gehörig befestigt werden.

Man kann alsdann deren Querschnitt entweder gleich so einrichten, daß sie selbst die Stelle der Bahnschienen vertreten, oder sie erscheinen in ihrer Construction als die, die Schienen unterstützenden Langschwellen, und die Schienen werden dann mit Schraubenbolzen auf denselben befestigt. Auf diese Art werden gewöhnlich wenige, guß- oder schmiedeeiserne, Rippen von höchstens 6 bis 8 Zoll Höhe einen hinreichend sichern Uebergang für den Durchlaß gewähren. Bei Anwendung von Flachschienen ohne Stühle ist es nur erforderlich, den eisernen Trägern oben eine solche Fläche zu geben, daß die Schienen mit Schraubenbolzen darauf befestigt werden können. Gleichzeitig wird es gut sein, wenn die Schiene dick genug ist, daß der hohe Rand des Spurkranzes daran hinstreichen kann, ohne den Träger zu berühren, dieselbe um $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll auf der innern Seite von der Kante des Trägers zurückzurücken, um einem etwaigen Ueberkippen der Bahnschiene nach Innen vorzubeugen und derselben eine sichere Auflage zu geben. Um den eisernen Trägern selbst eine größere Stabilität zu verschaffen, können dieselben unten die sogenannte Fischbauchform erhalten.

Die Träger selbst können noch durch eiserne Anker miteinander verbunden und in die beiden Ufer haltbar eingemauert werden. Auf diese Weise wird man eine dauerhafte Verbindung erhalten und die Oeffnung hinreichenden Raum gewähren, um sich bei'm etwaigen Zuschwemmen derselben von Oben her leicht reinigen zu lassen. Wird die Bahn, außer mit Locomotiven, auch noch mit Pferden benutzt, so muß natürlich die Oeffnung zwischen den Unterlagen geschlossen werden, und es ist dann nur noch nöthig, einen 3 Zoll starken Bohlenbelag über die eisernen Träger und erst auf diesen die Eisenbahnschiene zu legen. Auch kann die Oeffnung durch kleine, zwischen die eisernen Träger gesprengte Gewölbe geschlossen werden, in welchem Falle dann das Auflegen der kleinen Gewölbe durch an diese Träger angegossene Lappen gebildet werden muß.

Diese Gewölbe können natürlich bei ihrer sehr geringen Spannweite sehr flach sein und dennoch die hinreichende Widerstandsfähigkeit haben.

Handelt es sich hingegen um die Ueberspannung größerer Weiten, z. B. die Führung einer Bahn über einen Canal, Fluß oder ein niedrig gelegenes, Ueberschwemmungen ausgesetztes oder anderweitig zu benutzendes Land, so kann dies allein durch eine Brücke (Viaduct) geschehen, deren Höhe und Form dann von den obwaltenden Verhältnissen bedingt wird. Ist man aber im umgekehrten Falle durch die Umstände genöthigt, die Bahn unterhalb der Oberfläche irgend eines Terrainhinderniſses, z. B. eines Berges oder Canals durchzuführen, so geschieht dies in einem Tunnel, oder der Canal wird mittelst eines Aquäducts über die Eisenbahn hinweggeführt.

Von allen Arten von Brücken wird weiter unten, im 4. Capitel, speciell geredet werden; dagegen ist es hier nöthig, von dem Tunnelbau zu sprechen,

da derselbe den Eisenbahnen — wenn auch nicht unbedingt — eigenthümlich ist.

Von dem Tunnelbau.

Obwohl wir keineswegs geneigt sind, das auf den französischen und belgischen Eisenbahnen bei der Anlage von Tunnels gewöhnlich befolgte Verfahren, welches mit dem Einbaue des Gewölbes beginnt und mit der Aufmauerung der Widerlager schließt, für das zweckmäßigste zu halten, sondern uns vielmehr der Ansicht des Königl. würtemb. Oberbaurathes Herrn von Bühler*) anschließen: „daß diese Betriebsart den Nachtheil hat, daß das Gewölbe gehörig getrocknet ist und sich gesetzt hat, bevor die Widerlager aufgeführt sind, und daß, da diese bei der größten Vorsicht doch noch immer um ein Bedeutendes zusammengedrückt werden, leicht Risse im Gewölbe entstehen können," — so glauben wir doch, hier unseren Zweck der Belehrung durch folgende detaillirte, manches Neue und Eigenthümliche enthaltende Beschreibung zweier Tunnelbauten am Besten zu erreichen, welche wir dem Werke:

Toni Fontenay, notice sur la construction des tunnels de Saint Cloud et de Montretout. Paris, 1846.

entnehmen.

Der Tunnel von Saint-Cloud.

Der Tunnel unter dem Parke von Saint-Cloud ist in gerader Linie und wie die ganze Paris-Versailler-Eisenbahn mit einer Steigung von 0,005 getrieben. Er hat eine Länge von 504 Meter. Auf

*) Vergl. v. Bühler, technische und administrative Bemerkungen über die Eisenbahnen des west- und nordwestlichen Deutschlands, Belgiens und des Elsaßes. Stuttgart, 1846.

der Seite von Paris mündet er im Parke von Saint-Cloud neben dem Schlosse; auf der Seite von Versailles in das liebliche Thal von Ville-d'Avray, wo ein Bahnhof steht. Das Niveau der Schienen liegt an beiden Enden 20 Meter unter der Erdoberfläche. Der Einschnitt vor dem Mundloche auf der Seite von Paris ist 610 Meter, der auf der andern Seite gegen 200 Meter lang.

Fig. 136 zeigt einen Verticaldurchschnitt in der Axe des Tunnels.

Fig. 137 den zugehörigen Grundriß.

Der Ballast ist im Tunnel auf einer Schicht weißen Mergels aufgestürzt, welcher mit sehr schwachen Gypslagen gemischt ist. Ein Theil der Widerlager ist in einer Gypsschicht k' ausgehauen, welche gegen zwei Meter Mächtigkeit hat. An den Stellen, wo diese Schicht nicht im Tunnelquerschnitt auftritt, sind die Widerlager aus Bruchsteinmauerung aufgeführt. Die Förste ist auf die ganze Länge in Mauerung gesetzt; sie durchführt eine 14 bis 15 Meter mächtige Schicht von grünem Mergel g, welcher mit Thon und Gyps gemischt ist und von einer Schicht feinen Sandes überlagert wird, welche an den höchsten Punkten des Hügels eine Mächtigkeit von 16 Meter erreicht. Ueber diesem Gebirgsgliede endlich liegt die Dammerde ungefähr 1 Meter hoch.

Fig. 138 zeigt den Querschnitt des Tunnels bei einer mittlern angewandten Wölbstärke von 1,35 Meter.

In dem Tunnel hat man auf der linken Seite in mittleren Abständen von 50 Meter Nischen ausgespart, in welche die Personen, welche die Bahn begehen, zurücktreten können, wenn ein Zug passirt; eine von diesen Nischen steht mit einem Förderschachte in Verbindung, welcher offen erhalten worden war, einiger Zeit aber zugefüllt worden ist.

Der Tunnel ist von zehn Schächten aus in Angriff genommen worden, von denen einer No. 10 auf der Axenlinie der Eisenbahn und die neun andern 10 Meter zur Linken jener Axe standen (Fig. 136 und 137).

Die Abstände dieser Schächte von einander waren folgende:

v. Schachte	No.	1	bis zum	Schachte	No.	2	49,78 Met.
„	„	2	„	„	„	3	50,31 „
„	„	3	„	„	„	4	47,41 „
„	„	4	„	„	„	5	50,00 „
„	„	5	„	„	„	6	50,91 „
„	„	6	„	„	„	7	49,35 „
„	„	7	„	„	„	8	49,78 „
„	„	8	„	„	„	9	75,85 „
„	„	9	„	„	„	10	54,60 „
						Summa	477,99 Met.

Fügt man hinzu die Tunnellänge von 17,50 Meter zwischen dem Einschnitte und der Querstrecke des Schachtes No. 1, so erhält man eine Länge von 495,49 Meter. Der Theil des Gewölbes und die Portale, welche in dieser Länge nicht inbegriffen sind, sind über Tage hergestellt worden.

Aller Gebirgsschutt, welcher bei Auffahrung der 495,49 Meter langen Strecke gewonnen wurde, so wie alle zur Mauerung verwendeten Materialien sind die Schächte passirt, weil die bedeutenden Einschnitte vor den Mundlöchern nicht vor dem Tunnel beendigt werden konnten. Indeß muß man von diesen Quantitäten gegen 1600 Cubikmeter Schutt in Abzug bringen, welche streckenweise ausgefördert und von denen 600 Cubikmeter zwischen den Schächten No. 1 und 3 gewonnen und mit Hülfe kleiner Wagen transportirt wurden, von denen wir unten sprechen werden, so wie 1000 Cubikmeter, welche in Karren zu Tage ge-

fördert wurden, als die Tunnelmauerung vollständig beendigt war. Diese 1000 Cubikmeter bestanden in Gypsstein, welcher bei der Gewinnung ausgehalten worden war.

Die Differenzen in den gegenseitigen Abständen der Schächte wurden dadurch veranlaßt, daß man einige auf dem Tracte stehende, schöne Bäume nicht umschlagen wollte.

Die Schächte hatten folgende Teufe:

No.	1	. .	17,00	Meter
"	2	. .	20,40	"
"	3	. .	23,40	"
"	4	. .	25,32	"
"	5	. .	26,80	"
"	6	. .	28,83	"
"	7	. .	31,16	"
"	8	. .	32,19	"
"	9	. .	25,34	"
"	10	. .	17,00	"

Diese Teufen sind von der Erdoberfläche bis zu der Sohle gemessen, wo die Schuttmasse im Tiefsten der Schächte angeschlagen wurde; man muß aber bei jedem 4,5 Meter Teufe hinzufügen, weil jeder Schacht an der Hängebank um 2 Meter aufgesattelt wurde, um das Ausstürzen des Schuttes zu erleichtern, und weil unten 2,5 Meter Vorgesümpfe mehr abgeteuft wurden, um die etwa erschrotenen Wasser ableiten zu können, eine Einrichtung, welche, indem sie die Strecken ganz trocken legt, die Wasserhaltung erleichtert haben würde.

Dieses Gesümpfe wurde im Niveau der Förderstrecke, welche jeden Schacht mit der Richtstrecke in der Axe der Bahn verband, mit einer Dielung überdeckt.

Alle Schächte waren vollkommen trocken bis auf den No. 2, in welchem man eine beträchtliche Wasserader anfuhr.

Ungeachtet der mit großer Sorgfalt hergestellten Zimmerung ging dieser Schacht einmal zusammen. Man stellte den Ausbau wieder her, verstärkte ihn und teufte den Schacht vollends ab, um womöglich alle Wasser dort zu vereinigen. Dieser Versuch wurde mit dem vollständigen Erfolge gekrönt; das Wasser drang fortwährend in Menge in den Schacht No. 2, wo es unausgesetzt Tag und Nacht ausgepumpt wurde; aber auf die ganze Länge des Tunnels kam nirgends weiter der geringste Wasserzudrang vor, — ein um so glücklicherer Umstand, da das Gebirge, in welchem der Betrieb Statt hatte, mit einer solchen Leichtigkeit wächst (aufquillt), daß die Böschungen des Einschnittes vor dem Mundloche des Tunnels auf der Seite von Versailles einigem unbedeutenden Wasserzudrange selbst während der Ausführung nicht widerstehen konnten, obgleich das angewandte Böschungsverhältniß $1\frac{1}{2}$ Basis auf 1 Höhe betrug. Daher war man auch genöthigt, jene Böschungen zum großen Theile abzupflastern.

Der Querschnitt des Schachtes war nicht abgerundet, wie man dies häufig thut, sondern rectangulär, um die Verzimmerung zu erleichtern, welche auf die ganze Teufe nach Maßgabe des Aushiebs eingebaut worden ist. Der Schacht hat im Querschnitt von Stoß zu Stoß gemessen 3,6 Meter Länge bei 2,7 Meter Breite und innerhalb der Geviertejöcher gemessen 2,74 Meter Länge bei 1,84 Meter Breite (Fig. 139, 140, 141).

Die lange Seite des Rectangels liegt der Axenlinie der Eisenbahn parallel bei den zur Seite niedergebrachten Schächten und stand rechtwinklig darauf bei dem auf der Axe stehenden Schachte; Letzteres,

um die Streckenförderung zu erleichtern. Jeder der Schächte war mit einer Kaue überbaut, um zu jeder Zeit arbeiten zu können.

Die hier angewandte Schachtzimmerung ist in Figur 139, 140 und 141 erläutert. Sie besteht aus vier in den Ecken stehenden Bolzensträngen (Wandruthen), welche 22 Centimeter im Gevierte stark sind. Diese Bolzen sind jeder 2 Meter lang und mit schrägem Hakenkamme miteinander verbunden. In den Schachtebenen werden sie durch Querriegel festgehalten, welche aus einem Mittelstücke oder einer Seele **b** von 11 × 23 Centimeter Stärke und 2 Laschen **c** von 12 × 23 Centimeter Stärke bestehen, die jede über die Enden der Seele um 40 Centimeter hervorragen und mit der Seele **b** durch 2 Schraubenbolzen fest verbunden sind. Wenn diese Riegel verlegt worden sind, so treibt man dahinter mit Bretern ab und schließt das Ganze mit Hülfe hölzerner Gegenkeile, welche zwischen die Enden der Seele und die Wandruthen eingeschlagen werden. Sobald der Schacht um weitere 1,5 Meter niedergebracht worden ist, erneuert man dieselbe Operation, indem man die neuen Bolzen an die untersten mit schrägem Hakenkamm anblattet und durch Schrauben verbindet. Bleibt zwischen dem Verschluß und den hölzernen Beizkeilen ein leerer Raum, so ist er mit Schutt oder mit Steinschlag auszufüllen. Dieses Verfahren vereinigt mit einer großen Solidität den Vortheil, sich leicht einbauen und abrüsten zu lassen.

Die zur Seite gelegenen Schächte communiciren mit der Richtstrecke durch Querstrecken, welche 2 Meter im Lichten der Zimmerung breit und 1,85 Meter hoch waren (Fig. 142) und deren Sohle 3,4 Meter über dem Schienenniveau lag. Diese Strecken wurden mittelst Thürstockzimmerung verwahrt; jedes Gevierte bestand aus einer 25 Centimeter im Gevierte starken Kappe von 2,45 Meter Länge, die an ihren

Enden leicht eingeschnitten wurde, und zwei 22 Centimeter im Gevierte starken, 1,85 Meter langen Thürstöcken, die auf einem Sohlholze aufstanden.

Auf diesen Gevierten wurde ein Förstenverschluß in der Fig. 142 angegebenen Weise eingetrieben und zwischen diesen und der Förste eine stätige Verbindung mittelst hölzerner Aussatzkeile hergestellt.

Diese Thürstockgevierte standen 1,5 Meter von einander ab; die beiden ersten vom Schachte aus, waren durch Längsschwellen und ihre 2,5 Meter langen Thürstöcke durch doppelte Riegel f (Fig. 140, 141 und 142) auf der Sohle miteinander verbunden. Diese Einrichtung wurde deßwegen getroffen, weil sich der Erddruck in der Nähe der Schächte am Stärksten bemerkbar macht.

Fig. 139 und 140 veranschaulichen das Tiefste eines Schachtes und einen Theils der Querstrecke; Fig. 141 ist ein Horizontaldurchschnitt nach der Linie **a b** in Fig. 140.

Die Querstrecken sind bei der Anlage eines Tunnels von großem Nutzen; sie lassen nicht allein eine Menge von Unfällen vermeiden, welche eintreten, wenn die Schächte auf der Axe der Bahn stehen, sondern sie dienen auch als Depot für das bei dem Betriebe zu verwendende Gezähe und Material aller Art.

Die Richtstrecke, welche die Querstrecken unter rechtem Winkel kreuzte, hatte dieselben Dimensionen, wie diese und wurde durch ganz ähnliche Zimmerung verwahrt. Fig. 143, worin der Tunnelquerschnitt durch punctirte Linien angedeutet ist, zeigt den Querschnitt der Richtstrecke; die Sohle derselben liegt wie die der Querstrecken 1,1 Meter über der Kämpferlinie des Gewölbes und 3,4 Meter über dem Niveau der Schienen.

Sobald die Richtstrecke auf ihrer ganzen Länge durchschlägig geworden war, schlug man in Abständen von 20 Meter rechtwinklig zur Axe des Tunnels und parallel zur Oberfläche der Schienen, d. h. mit 5 Millimeter Steigung pr. Meter, Lehrspreizen, deren Obertheil etwas unter der Streckensohle lag, um von den vorbeifahrenden Karren nicht in Unordnung gebracht zu werden und markirte sodann durch einen in die Lehrspreize eingeschlagenen Nagel die Axe der Bahn.

Jetzt handelt es sich darum, nach und nach die Richtstrecke zu erweitern, um den über ihrer Sohle liegenden Theil des Gewölbes aufführen zu können. Man verfuhr dabei folgendermaßen:

(Fig. 143, 144, 145 und 146.) Eins der Thürstockgevierte, so wie die zwei zugehörigen Verschußfächer wurden hereingenommen; hierauf die Förste bis zum Rücken des Gewölbes nachgebrochen und sodann zwei verlorne Bolzen **a**, **b** (Fig. 145 und 146) vertical in der Achse in zwei Meter Entfernung von einander aufgerichtet. Diese beiden Bolzen tragen jeder eine parallel der Streckenachse liegende Kappe. Dieselbe Operation wurde wiederholt, bis wenigstens vier Bolzen in den angegebenen Wänden eingebaut worden waren. Sodann wurde das in der Förste gemachte Ueberhauen nach dem Profile des Gewölbrückens erweitert und vier Paare von Thürstockgevierten eingebaut, deren jedes einen der erwähnten Bolzen zwischen sich faßt. Diese vier Bolzen, welche in den Figuren 145 und 146 durch punctirte Linien angedeutet sind, wurden sodann weggenommen, da die von ihnen unterstützten Längenkappen nun von den Kappen der Thürstockgevierte getragen wurden.

Hierauf fuhr man fort, die Strecke nach beiden Seiten hin zu erweitern, indem man mit der Förste der projectirten Linie des Gewölbrückens folgte und

nach Maßgabe des Vorwärtsschreitens der Arbeit vier Reihen Spreizen in Fächerform einbaute, wie man in Figur 147 und 148 sieht. Da die Spreizen einen schiefen Winkel mit den Kappen bilden, so trieb man in Letztere große Nägel oder ähnliche als Vorschläge oder Kappenkeile dienende Stücke alten Eisens ein, um das Ausgleiten der Spreizen zu verhindern.

Es ist gut, nicht mehre Spreizen auf derselben Schwelle aufruhen zu lassen, weil sie gewöhnlich nicht zugleich hereingenommen werden können und weil das Hereinnehmen der einen die übrigen erschüttert.

Während nun die Lehrbogen gesetzt wurden und die Mauerung auf diese erste Strecke ausgeführt wurde, bereiteten die Erdarbeiter in derselben Weise eine zweite nächste Strecke vor.

Fig. 150 und 151 stellen diesen Betrieb im Grundrisse und Längendurchschnitte vor, nachdem bereits ein Lehrbogen in jedes Stützenfach gesetzt ist. Die Bogengerüste ruhen auf der Streckensohle. An Punkten, wo das Gebirge wenig Haltbarkeit besaß, wurde die Förste der Weitung durch Spreizen unterstützt, welche paarweise auf den Bogenstücken aufruhten. Ueberhaupt ist es vortheilhafter, sich dieser Spreizen zu bedienen, als die Lehrbögen auf eine geringere Distanz als 2 Meter zu setzen. Wenn die Lehrbögen in Abständen von 1,5 Meter von Mittel zu Mittel eingebaut werden, wie dieses auf einigen Punkten Statt fand, wo man kurze Hölzer nutzbar machen wollte, wird die Bedienung der Mauerung sehr schwierig und der Betrieb verzögert.

Fig. 149 stellt einen Lehrbogen dar, auf welchem ein Theil der Wölbung bereits aufgeführt ist. Der Spannriegel s besteht aus mehren Stücken, um dadurch sowohl den Einbau, als auch das Abrüsten nach Beendigung der Mauerung zu erleichtern. Die

beiden Enden desselben, welche 1 Meter über die convexe Oberfläche der Bogenstücke hinausragen, sind bestimmt, Fröschen a, b zur Auflagerung zu dienen, auf welche Breter zu liegen kommen, die mit ihrem andern Ende auf den Fröschen der benachbarten Lehrbögen ruhen. Diese Breter dürfen nicht aufgenagelt werden, damit sie sich später leicht wieder wegnehmen lassen. Der leere Raum zwischen dem Streckenstoße, den Fröschen und Bretern wurde mit Lehm- oder Mörtelmauer ausgesetzt, je nachdem das Gebirge vollkommen trocken war oder Wasser zufallen ließ.

Jeder Lehrbogen bestand aus fünf Bogenstücken, vier an den Rippen oder Seiten und einem am Scheitel des Gewölbes.

Sobald 3 oder 4 Lehrbögen zwischen den fächerförmigen Spreizenreihen aufgestellt und die Frösche a, b und Deckbreter c verlegt waren, legte man die ersten Schalbreter und begann die wirkliche Mauerung, deren erste Schicht von den Froschdeckbretern getragen wurde. Sie bestand aus auserlesenen, auf den Lagerflächen gut behauenen Bruchsteinen, welche erst trocken in 2 Centimeter Abstand gelegt und dann mit einer Lage Mörtel bedeckt wurden, so daß davon alle Zwischenräume vollständig ausgefüllt wurden. Dann führte man die übrigen Schichten nach dem gewöhnlichen Verfahren auf. Je nach Maßgabe des Aufwärtsrückens der Mauerung zur Rechten und Linken legte man neue Schalbreter und nahm die Spreizen herein, sobald es die Arbeit erforderte.

War die Mauerung bis nahe an den Schlußstein gekommen, so wendet man statt der Längsverschalung der Lehrbögen einen Rahmen an, in dessen Falze (Fig. 154, 155, 156 und 157) die Enden kleiner Schalbreter zu liegen kommen, welche man der Mauer parallel den Lehrbögen nach und nach einfügte, indem man rückwärts gehend das Gewölbe schloß. a, b Fig. 154

bezeichnen zwei Rüststangen, die, mit Bretern abgedeckt, das Gerüst bilden, auf dem die Mauer steht.

Ein Stück Gewölbe, welches zu gleicher Zeit über mehren Lehrbögen aufgeführt wird, wird mit dem Namen Ring belegt, so daß, wenn auf einmal Längen von 4, 6 oder 8 Meter zugewölbt werden, Ringe von 4, 6 oder 8 Meter Länge entstehen.

Daß jeder mit den benachbarten Ringen gut verbunden werden mußte, braucht kaum erwähnt zu werden.

Soviel wie möglich berührte der Gewölbrücken das Gebirge; indeß kam es häufig vor, daß in Folge mehr oder minder beträchtlicher Abrollungen Höhlungen entstanden, welche mit gewöhnlicher Mauerung auszufüllen kostspielig gewesen sein würde. Man begnügte sich dann damit, diese Höhlungen mit Bruchsteinen mittlerer Größe auszusetzen, wozu als Bindemittel Lehm diente, dem, wenn es die Beschaffenheit des Gebirges erforderte $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ Kalk zugesetzt wurde. Auf Puncten, wo das Gebirge sehr wenig Haltbarkeit besaß, füllte man die Höhlungen ganz mit gewöhnlicher Mauerung aus, nicht sowohl, um die Tragfähigkeit des Gewölbes zu vermehren, als vielmehr, um das Zuwölben zu erleichtern und Abrollungen zu verhindern. So wurden z. B. in dem Fig. 138 dargestellten Querschnitte die Partieen a, b, c und d des Gewölbes und die e des Widerlagers früher als die angrenzenden Theile aufgeführt, um Erdmassen, die im Begriffe standen, hereinzurollen, zu unterstützen. Daher kam es, daß die Stärke des Gewölbes, welche bei den Schächten 1 Meter und sonst überall 90 Centimeter betragen sollte, von 0,9 bis 1,6 Meter variirte und durchschnittlich sich auf 1,35 Meter beläuft.

Auf einigen Puncten kam es nach Beendigung des Gewölbes und ehe noch die Widerlager herein-

genommen worden waren, vor, daß in Folge der Druckhaftigkeit des Gebirges die Bogenstücke der Lehrbögen auf den Rücksäulen zerdrückt wurden. In diesem Falle setzte man, um sie zu entlasten und die Schalbreter in der Mitte ihrer Länge zu unterstützen, Hülfslehrbögen, aus Bogenstücken bestehend, die durch Bolzen unterspreizt wurden.

Sobald die Mauerung eines Theils des Gewölbes hinreichend trocken geworden war, wozu, je nach dem Grade der Hydraulicität des Mörtels, eine Zeit von 10 bis 15 Tagen nach seiner Vollendung erforderlich war, nahm man die Straße g h i k, Fig. 152, zwischen dem ersten Schalbrete einer von beiden Seiten des Gewölbes und einer 2 Meter von der Axe abstehenden und ihr parallelen Verticalebene auf 4 bis 10 Meter Länge (je nach der Haltbarkeit des Gebirges) in Angriff und ging damit bis auf das Niveau der Schienen nieder. Hierauf wurde unter jeden Lehrbogen eine Spreize d, Fig. 152, geschlagen, zwischen deren Fuß und dem darunter liegenden Fußpfahle Doppelkeile eingeschlagen wurden und deren oberes Ende den Spannriegel nahe unter dem Auflagerungspuncte des Frosches unterstützte, ohne jedoch über das unterste Schalbret hinauszureichen. Um das Ausgleiten dieser Spreize zu verhindern, nagelte man vor dem Kopf und Fuß derselben Vorschläge x in den Spannriegel und den Fußpfahl. Besaß die Sohle wenig Haltbarkeit, so setzte man unter jeden Lehrbogen noch den Bolzen e, der ebenfalls auf einem Fußpfahle und Doppelkeilen ruhte.

Hatte man in dieser Weise alle Lehrbögen unterspreizt, welche sich auf der in Angriff genommenen Straße befanden, so trug man endlich noch den Theil g l m m, Fig. 152, ab, setzte Lehrbögen und mauerte die Widerlager darnach auf. Sobald man damit

soweit in die Höhe gekommen war, daß nur noch zwei Schichten zu legen waren, so nahm man das äußerste Froschdeckbret weg und füllte den leergelaſſenen Raum mit Mauerung aus; so fuhr man fort, bis alle dieſe Deckbreter beſeitigt und durch Mauerung erſetzt waren. Das Gewölbe blieb während dieſer Untermauerung bisweilen einen Tag lang auf mehre Meter Länge und ſeine ganze Stärke frei hängen; eine Unklugheit, die wohl zu vermeiden, aber nicht ohne Gefahr war; indeß iſt es ſelten vorgekommen, daß ſich Wölbſteine lostrennten, und wenn es vorkam, ſo lag der wahre Grund darin, daß die Mauerung der erſten Schichten des Ringes ohne Sorgfalt ausgeführt worden war.

Fig. 153 ſtellt die Arbeit nach Beendigung eines Widerlagers vor.

Bei dem Setzen der Lehrbögen war man gezwungen, Rüſtlöcher für die Enden der Spannriegel offen zu laſſen. Dieſe Löcher, welche, um das Abrüſten zu erleichtern, etwas höher waren, als Spannriegel und Froſch zuſammengenommen, wurden nach erfolgtem Abtragen der Lehrbögen mit Mauerung ausgefüllt.

Nachdem bei einem Theile des Gewölbes das Unterfangen auf einer Seite beendigt worden war, wiederholte man dieſe Operation auf der andern und rüſtete die Lehrbögen ab. Nun blieb nur noch der in der Mitte ſtehen gebliebene Erdkern abzutragen.

In dem Tunnel von Saint-Cloud wurden die erſten Wölbringe zu gleicher Zeit an folgenden acht Puncten in Angriff genommen (Fig. 136 und 137) zur Linken der Querſtrecke des Schachtes No. 2 auf 6 Meter von der Axe dieſer Strecke nach dem Schachte No. 3 hin; zur Rechten und Linken der Querſtrecken der Schächte No. 4, 6 und 8 auf 5 bis 6 Meter von der Axe dieſer Strecken; endlich zwiſchen dem

Schachte No. 10 und der Querstrecke des Schachtes No. 9 auf ungefähr 24 Meter von der Axe dieser Strecke.

Später, als die Erdförderung durch die Tunnelmündung auf der Seite von Paris bewerkstelligt werden konnte, wurde ein neunter Wölbring zwischen den Schächten No. 1 und 2 angefangen. Diese verschiedenen Puncte sind in Fig. 137 mit den Buchstaben o, p, q, r, s, t, u, v, x bezeichnet.

Die Schächte No. 2, 4, 6 und 8, sowie später der Schacht No. 1, waren besonders zum Einhängen der Materialien aller Art, als: Steine, Mörtel, Zimmerholz; — die No. 3, 5, 7 und 9 vorzüglich zur Erdförderung bestimmt.

Der Schacht No. 10, welcher in dem Einschnitte auf der Seite von Versailles stand, wurde abgetragen, sobald letzterer bis zur Tunnelsohle niedergebracht war und sowohl die Erd-, als auch die Materialienförderung nahm dann ihren Weg durch die Tunnelmündung.

Das Abteufen der Schächte und Treiben der Querstrecken begann im September 1837 und dauerte bis Januar 1838, erforderte also im Ganzen vier Monate; die Richtstrecke wurde im Januar 1838 begonnen und im März, d. h. nach zwei Monaten, beendigt. Der Einbau der Mauerung dauerte der Hauptsache nach vom 26. März 1838 bis zum 29. September desselben Jahres, d. h. 6 Monate und 3 Tage. Im December 1838 endlich war der Tunnel so weit fertig, daß man zum Verlegen der Gleise schreiten konnte.

Die ganze Ausführung hat daher 15 Monate gedauert. —

In Bezug auf die bei'm Betriebe des Tunnels von Saint-Cloud stattgehabte Förderung ist Folgendes zu erwähnen:

Anfangs reichte ein viermänniſcher Haspel auf jedem Schachte aus. Später ſetzte man an deren Stelle einſpännige Pferdegöpel. Mit dieſen zugleich führte man dreiräderige Wagen von 0,3 Cubikmeter Faſſungsraum ein, die auf der Strecke von 4 Mann bedient und zugleich als Schachtfördergefäß benutzt wurden, indem das Seil in vier Oeſen an den vier Ecken mittelſt Haken befeſtigt wurde. — Später endlich änderte man, um den Gang der Arbeit zu beſchleunigen, dieſe einſpännigen Pferdegöpel in zweiſpännige um, indem man zwei einander diametral gegenüberſtehende Schwengel an der Korbwelle anbrachte und den Durchmeſſer der Seilkörbe von 1,4 Meter bis 2,5 Meter vergrößerte. — Pferdegöpel dieſer Art ſtanden auf den Schächten No. 3, 5, 7 und 9, die, wie bereits oben erwähnt wurde, zur Erdförderung beſtimmt waren. Als der Einſchnitt bei der Tunnelmündung auf der Seite von Paris niedergebracht war, legte man eine interimiſtiſche Eiſenbahn im Niveau der Richtſtreckenſohle und wandte zur Erdförderung Wagen von 0,25 Cubikmeter Faſſungsraum an.

Sobald man im Stande war, die Mauerung zu beginnen, wurden die Schächte No. 2, 6 und 8, wie oben erwähnt, ganz beſonders für das Einhängen der Baumaterialien, hauptſächlich des Mörtels und der Steine beſtimmt und in ihrer Nähe Kalkgruben etablirt. Auf jedem dieſer Schächte ſtand ein mit einer Bremſe ausgerüſteter Spillradhaspel.

Der Tunnel von Montretout.

Der unter dem Parke von Montretout ausgeführte Tunnel iſt mit 0,005 Steigung und in einer Curve von 800 Meter Halbmeſſer betrieben; ſeine Länge beträgt 168 Meter.

Bei seiner Mündung auf der Seite von Paris liegt die Station Saint-Cloud zwischen der Straße von la Guette und der Arcadenstraße. Seine Mündung auf der Seite von Versailles mündet in einen Einschnitt, der bis an den an das Schloß von Saint-Cloud stoßenden Park fortläuft. Dieser 600 Meter lange Einschnitt hat fast auf seiner ganzen Erstreckung eine Tiefe von 7 bis 8 Meter.

Der Tunnel ist ganz mit Mauerung verwahrt. Er durchfährt ein aus wechsellagernden Schichten von Mergel, Sand und Sandstein bestehendes Gebirge. Die aus Betonmauerung bestehenden Begründungen liegen auf einer Steinschicht von 0,35 Meter Stärke, welche die Steinbrecher **rochette** nennen. Unter dieser Bank liegt ein Thonlager von 13 Centimeter, darunter eine röthliche Conglomeratschicht von 27 Centimeter und darunter endlich eine muschelführende Gesteinsschicht von 40 Centimeter Mächtigkeit. Diese letztere Schicht bildet die Förste eines ehemals betriebenen Steinbruchs; ein Umstand, der den Bau dieses Tunnels nicht wenig beeinträchtigte.

Das bei der Construction befolgte Verfahren ist analog dem bei'm Tunnel von Saint-Cloud angewandten. Die Schächte jedoch wurden, weil sie nur sehr geringe Teufe hatten, auf die Axe der Bahn gesetzt, eine Methode, welche beständig die Förderung während des Betriebes hinderte. Man gab ihnen einen abgerundeten Querschnitt und verzimmerte sie nicht, da sie haltbares Gebirge durchsanken.

Der mittlere Tunnelquerschnitt ist Fig. 138a veranschaulicht; der Gewölbrücken berührt das Gebirge nicht; er ist mit einem 3 Centimeter starken Ueberschutt von Asphalt und einer 10 Centimeter starken Kiesschicht bedeckt, letzteres, um Wasser Durchgang zu gestatten, das dann in Rinnen auf die Seite und durch gußeiserne Röhrchen in das Ge-

wölbeinnere abfließt, welche aller 4 bis 5 Meter angebracht sind. Die Riemen werden von einer Betonschicht gebildet, deren Stärke, die im Mittel 8 Centimeter beträgt, variirt, indem man hinreichend starke Abdachungen und Gegenabdachungen anbringt, um das Wasser gegen die gußeisernen Röhrchen hinzuleiten. Diese Betonschicht wird, wie der Gewölbmantel, wieder von einer Asphalt- und einer Kiesschicht bedeckt.

In Folge starken Wasserzudranges kamen viele Abrollungen in der Höhe des Bogensatzes vor. Die dadurch entstehenden Höhlungen wurden mit Mörtelmauerung mittlerer Qualität ausgefüllt.

Die Herstellung der verschiedenen Mörtel von Kalk, Asphalt und Kies, sowie die Hintermauerungen an den Gewölbrippen fand nach Maßgabe des Auswölbens Statt, sobald zwei oder drei Ringe eingewölbt waren

Das Verzimmern und Verwölben der Förste, das Unterfangen und Untermauern der Widerlager wurde gerade, sowie bei'm Tunnel von Saint-Cloud, bewerkstelligt. Bei der Begründung der Widerlager legte man eine Betonschicht, deren mittlere Stärke 1,30 Meter betrug. Alle zur Herstellung der Mauerung nöthigen Abträge wurden durch die Schächte mit Hülfe von Hornhaspeln zu Tage gefördert.

Als alle Mauerarbeiten vollständig beendigt waren, förderte man den in der Mitte stehen gebliebenen Erdkern mittelst gewöhnlichen Erdwagen weg, welche auf einer im Niveau der Ballastsohle der wirklichen Bahn gelegten interimistischer Bahn durch Pferde gezogen wurden. Diese Erdmassen wurden durch die Tunnelmündung auf der Seite von Paris ausgefördert und dazu angewendet, den Bahndamm zu vollenden.

Die Schächte wurden im Januar 1838 begonnen; im Juni desselben Jahres war bereits die Reitstrecke getrieben. Die Auswölbung des Tunnels dauerte vom 23. Juni bis zum 11. December 1838. Die vollständige Durchörterung des Tunnels (auf seinem ganzen Querschnitt) erfolgte im Februar. Die ganze Ausführung hat daher 13 Monate gedauert.

(Hierzu Tabelle, siehe am Schlusse des Werks.)

Verschiedene Arten der Eisenbahnschienen.

Gußeiserne Rinnenschienen.

Bis um's Jahr 1738 kannte man nur die hölzernen Schienenwege, oder die sogenannten Hundegestänge, welche zur Förderung in Bergwerken angewendet wurden. Zu jenem Zeitpuncte sollen zu Whitehaven im nördlichen England, statt der hölzernen gußeiserne Gestänge eingeführt worden sein. Nach der Angabe des Herrn Stevenson in Edinburg soll jedoch die Einführung ganz eiserner Schienenwege erst in den Jahren 1766 oder 1768 Statt gefunden haben, indem er sich actenmäßig überzeugt hat, daß im Jahre 1767 auf der Eisenhütte von Reynolds zu Colebrookdale in Schropshire 5 bis 6 Tonnen von Schienen gegossen worden sind. Sie waren 5 Zoll lang, 4 Zoll breit und $\frac{1}{4}$ Zoll stark, und jede Schiene war mit drei Löchern versehen, um sie auf den hölzernen Unterlagern befestigen zu können. Es waren jedoch diese Schienen sehr unvollkommen, indem sie mit keinem Spurrade versehen

Zu

int-Cloud.

	Kostenaufwand	
	für die ganze Tunnellänge.	pro laufendes Meter. Tunnel.
	Frcs.	Frcs.
Erdarbeiten		
leuchter-halt		
Gezeugen		
Zimmerung	236096,63	468,43
leuchter	349368,96	693,22
Mauerung	403134,24	799,88
Wasserleitungen		
Signalen		
Ventilationsschacht	39398,61	78,17
Allgemeine Ausgaben	70721,56	140,32
Summa	1098720,00	2180,02

ge

8

tiefe
tri-
nölt
vern
e
einen
ibike
Die
p
r
Si-
e
e-
r
tt
r-
h
je
st
n
u
n
n
er

nen
strec
dau
Die
sein
gan

n Tunnel von Montretout.

e n.	Kostenaufwand für die ganze Tunnellänge.	Kostenaufwand pro laufendes Meter Tunnel.
	Frcs.	Frcs.
en, auf der Tunnelachse ebe der Richtstrecke und thigen Aushiebe wurden ursachte dieß pro Cubik= Der stehen gebliebene er interimistischen Bahn meter	81239,00	483,56
zern Schächte standen ohne stänc	66881,23	398,10
wend Whi and und Kies zum Be= nen	139607,40	830,99
Nachinem Asphaltmantel zu burgi Frcs. Das Gewicht nenn Kilogrm. à 0,34 Frcs.	7376,81	43,91
gefu hat, ...	33451,83	199,12
Reyber excl. der bei der 6 T	19358,73	115,23
ware Summa	347915,00	2070,91
und um könn kom		

Staatl. Bibliothek
Regensburg

waren, der jedoch bald darauf eingeführt wurde. In dem Werke von John Curr über Steinkohlenbergwerke vom Jahr 1797 wird bemerkt, daß die gußeisernen Schienen im Jahr 1776 in den Steinkohlenbergwerken des Herzogs von Norfolk bei Sheffield vorhanden gewesen seien.

Fig. 158 giebt einen Querdurchschnitt von einer solchen Schiene nebst Unterlage. Dieselben waren 6 Fuß lang, 3 Zoll breit und ½ Zoll stark, und der ebenso starke Rand an der einen Seite war 2 Zoll hoch. Sie waren auf hölzerne Langschwellen festgenagelt.

Gußeiserne Kantenschienen.

Seit jener Periode wurde auf die Grubenförderung auf gußeiserne Schienen eine größere Wichtigkeit gelegt. Man wendet sie seit jener Zeit nicht allein häufiger in den Bergwerken, sondern auch über Tage zu Förderung der Steinkohlen nach den Abladeplätzen an Flüssen, Canälen und Meereshäfen an. Die gußeisernen Schienen erhielten eine andere Form, und schon 1789 legte der Ingenieur Wilh. Jessop zu Loughborough einen solchen Schienenweg an der Oberfläche an, dessen Schienen sogenannte Kantenschienen waren, deren Princip das noch jetzt übliche ist. Sie hatten noch keinen Rand, sondern die Ränder waren mit Spurkränzen versehen.

Fig. 159 und 160 zeigt einen Querdurchschnitt und eine vordere Ansicht von einer solchen gußeisernen Kantenschiene. Die untere Seite ist elliptisch oder fischbauchig, wie man es nennt. Als diese Schienen zuerst eingeführt wurden, ruhten sie nicht in Stühlen, wie es jetzt gebräuchlich ist, sondern an jedem Ende einer Schiene waren an der Basis zu beiden Seiten Lappen angebracht, mit quadratischen Löchern, durch welche die Bolzen gingen, mit denen sie auf den Schwellen befestigt wurden. Später

wurden die Enden dieser Schienen in eiserne Stühle gelegt, die auf quadratischen hölzernen Schwellen befestigt worden waren, welche nach und nach mit Steinblöcken vertauscht wurden. Um's Jahr 1800 fand man die einzelnen steinernen Unterlagen schon häufiger; allein es wurden auch hin und wieder die Rinnenschienen Fig. 158 und 164 dabei angewendet.

Zunächst wurde die in Fig. 161 im Querdurchschnitte dargestellte Schienenform vorgeschlagen, auf welche im Jahr 1803 der Engländer Woodhouse in Leicestershire ein Patent nahm. Die Oberfläche dieser Schienen oder deren Fahrbahn war concav. Der Erfinder hatte bei diesen Schienen hauptsächlich den Zweck, sie auf gewöhnlichen Straßen anzuwenden.

Im Jahre 1802 gab Herr Wyatt die Beschreibung von einer Eisenbahn von ziemlich beträchtlicher Ausdehnung, die von ihm in den Schieferbrüchen des Lord Penrhyn, bei Bangor in Nordwales, angelegt worden war. Diese Eisenbahn war im Jahr 1811 noch in gutem Betriebe, und Fig. 162 giebt einen Querdurchschnitt von einer Schienenreihe. Die Schienen a waren $4\frac{1}{2}$ Fuß lang. An beiden Enden waren sie mit Zapfen b versehen, die daran gegossen waren; diese wurden schwalbenschwanzartig in den Block c eingeschoben; d ist ein Theil des Rades. In den Steinkohlenbergwerken des nördlichen Englands waren zu jenem Zeitpuncte hauptsächlich Kantenschienen in Anwendung, und auch auf der Grube Dorothea, bei Clausthal am Harz, wurde die Erzförderung über Tage bis zu der Erzwäsche auf einer Bahn mit gußeisernen Kantenschienen und in Wagen, deren Räder Spurkränze hatten, bereits zu jener Zeit bewirkt.

Verbesserte Rinnenschienen.

Der nächste Vorschlag zur Verbesserung der eisernen Schienen wurde im Jahr 1808 vom Herrn Le Caen in Wales gemacht. Fig. 163 giebt einen Querschnitt von der auf diese Weise verbesserten Schiene, deren Befestigung nicht mit Nägeln, sondern mit Lappen bewirkt wurde, die in gewissen Entfernungen unten an die Schienenplatte angegossen worden waren. Eine solche Schiene war 3 Fuß lang, die Fahrbahn etwa 4 Zoll breit, und es wog der laufende Fuß etwa 14 Pfd. Man findet noch jetzt an verschiedenen Puncten von England ähnlich eingerichtete Eisenbahnen.

Im Jahre 1801 erschien die Parlamentsacte, durch welche die Surrey-Eisenbahn, welche von Windsworth an der Themse, unweit London, bis nach Croydon, auf eine Länge von 6 Meilen, erbaut werden sollte, und die man 1803 noch 15 englische Meilen weiter bis nach Merstham, Reigate und Gadstone ausdehnte, genehmigt wurde. Es existirt noch jetzt ein Theil dieser Bahn.

Fig. 164 zeigt einen Querschnitt von einer Schiene und einem Block. Die Schienen sind 3 Fuß lang, $4\frac{1}{2}$ Zoll breit, $\frac{1}{2}$ Zoll stark und sind mit einem 2 Zoll hohen Rande versehen. An den Wechseln ruhen sie auf einem steinernen Blocke, und das Plauum liegt fast in gleicher Höhe mit dem obern Theile der Schienen. An jedem Ende ist ein rundes Loch, durch welches ein starker Nagel geht, der in einem hölzernen Nagel in den Blöcken eingetrieben ist. Es zeigt diese Bahn die nachlässige und grobe Arbeit, wie sie zu jener Zeit üblich war; es sanken daher viele Steine ein, die Bahn wurde sehr uneben und die Reibung bedeutend. Die Wagenräder waren ungefähr 2 Fuß hoch, die Reifen um die Felgen etwa anderthalb Zoll breit, und die Ladung für jedes

Pferd betrug ungefähr 4 Tonnen, die Spurweite 4 Fuß. Sie diente und dient zum Theil noch zum Transport von Früchten und sonstigen Producten des Ackerbaues und der Gärtnerei; allein der Verkehr auf derselben ist neuerlich durch die übrigen bessern Eisenbahnen sehr beschränkt worden. Jedenfalls hatten diese schlecht eingerichteten Eisenbahnen den großen Nachtheil, das Publicum ungünstig gegen die Eisenbahnen im Allgemeinen zu stimmen und ihrer frühern allgemeinen Einführung hinderlich zu sein.

Schmiedeeiserne Plattschienen.

Die Plattschienen wurden bis zum Jahre 1824 aus Gußeisen angefertigt, zu welcher Zeit die gewalzten Schienen in Anwendung kamen. Der Hauptvorzug der Plattschienen ist ihre wohlfeile Fabrication, da Kantenschienen weit mehr Material erfordern. Gegen die Rinnenschienen ließen sich gar manche Einwürfe machen; zuvörderst war die Friction der Räder gegen einen senkrechten Rand sehr bedeutend; nicht minder nachtheilig war die breite Oberfläche der Fahrbahn, worauf sich eine Menge Unreinigkeiten sammelten; ein fernerer Nachtheil waren die vielen Wechsel, sowie die fortwährenden Reparaturen, welche besonders dann erforderlich waren, wenn schwere Lasten darauf bewegt wurden. Alles dies sprach sehr gegen die Rinnenschienen.

In Amerika wendet man ganz einfache Plattschienen von gewalztem Eisen auf den frühern Bahnen an und sie sind zum Theil auch noch im Gebrauch; ebenso auf manchen deutschen Eisenbahnen bei Bergwerken und auch bei den ältern österreichischen Bahnen mit Pferdebetrieb. Diese Stäbe oder Plattschienen sind 15 Fuß lang, $2\frac{1}{2}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{5}{8}$ Zoll stark; sie sind auf hölzernen oder steinernen Schwellen befestigt. Die Räder sind, wie bei den

Kantenschienen, mit Spurkränzen versehen. Die Eisenbahnen dieser Art werden in Amerika mit gutem Erfolge mit Locomotiven befahren, jedoch nur mit mäßiger Geschwindigkeit; und da in jenem Lande das Holz in Menge vorhanden ist und die Plattschienen wenig kosten, so ist dies Eisenbahnsystem für die örtlichen Verhältnisse des Landes ein zweckmäßiges. Die erste Bahn dieser Art wurde im Jahr 1827 erbaut, allein seit dieser Zeit sind etwa 5000 englische oder über 1000 deutsche Meilen entstanden; fortwährend sind noch solche Bahnen im Fortschreiten begriffen. Die meisten von diesen Bahnen stnd nur eingleisig, schlecht hergestellt und nur zu einer geringen Geschwindigkeit der Triebkräfte eingerichtet. Dagegen sind sie aber so wohlfeil, daß ihre Kosten mit denen der europäischen Eisenbahnen in gar keinen Vergleich gestellt werden können.

Man wird sich leicht denken können, daß auf so langen Strecken und bei so verschiedenen Eisenbahnen verschiedenartige Constructionen versucht worden sein müssen. Auf manchen Linien findet man dieselben Einrichtungen, wie in England; auf andern sind die Plattschienen auf ununterbrochene Granitblöcke gelegt worden; allein am Gewöhnlichsten liegen sie auf Längenschwellen.

Fig. 165 zeigt einen Querdurchschnittt von der Saratoga-Eisenbahn, und es ist diese Einrichtung sehr zweckmäßig für morastige oder sumpfige Gegenden, wo viel Wälder vorhanden sind und das Holz daher wohlfeil ist. Zuvörderst besteht die Basis der Eisenbahn aus parallelen Gräben von 18 Zoll im Quadrat, die mit kleinen Steinen ausgefüllt sind und als Abzugsgräben dienen, um das Holzwerk trocken zu erhalten. Auf gleiche Weise sind Quergräben aufgeworfen, um dasselbe bei den Querschwellen zu erreichen. Auf die Bettung der parallelen Gräben

längs der Eisenbahnlinie sind zuvörderst Längenschwellen von gelbem Fichtenholze gelegt, 5 oder 6 Zoll breit und 8 Zoll stark, und auf diese von 3 zu 3 Fuß Querschwellen von weißer Eiche, von Ceder oder von amerikanischer Akazie, zuweilen 6 Zoll im Quadrat, zuweilen auch 8 bis 10 Zoll breit und 10 Zoll stark gelegt und genau damit verbunden. Auf diese Querschwellen sind endlich die Langschwellen für die Fahrbahn von 6 oder 8 Zoll im Quadrat Stärke befestigt. Auf diesen Schwellen liegen die Plattschienen und sind mit starken Nägeln mit versenkten Köpfen darauf befestigt.

Auf andern Linien, wie, z. B., auf der Newyork-Boston-Bahn, sind die untern Langschwellen weggelassen, und es liegen die obern Langschwellen, auf denen die Schienen befestigt worden sind, auf 7 Fuß langen und 8 Zoll im Quadrat starken Querschwellen. Auf der 82 engl. Meilen langen Philadelphia-Columbia-Bahn, welche auf Kosten des Staats ausgeführt worden ist, sind verschiedene Constructionsmethoden versuchsweise angewendet.

Auf der Baltimore-Ohio-Eisenbahn haben die Schienen auf mehre Meilen Länge Granitschwellen, welche in Stücken von 5 bis 9 Fuß Länge, 15 Zoll Breite und 8 Zoll Stärke in ununterbrochener Reihe gelegt worden sind. Die Plattschiene ist auf der innern Kante der Schwellen durch eiserne Nägel, die in hölzerne Döbel eingetrieben worden sind, befestigt. Auf andern Bahnlinien liegen die Blöcke, welche nur 1 Fuß im Quadrat stark sind, auf einer Bettung von kleinen Steinen. Auch auf einer kurzen Strecke der Quincy-Eisenbahn liegen die Schienen auf steinernen Unterlagen. Manche von den Schienen sind wegen der starken Curven durch Querstangen mit einander verbunden. Man hat es für nothwendig erachtet, um die Einwirkung ungünstiger Verhältnisse dieser

Art zu vermindern, die Schienen mehr in die Mitte der Blöcke zu legen.

Hölzerne Schienen.

Neuerlich hat man in England das System der hölzernen Schienenwege wieder in Vorschlag gebracht, und es sind nach der Construction des Herrn Prosser einige Meilen bei Wimbledon Common versuchsweise gelegt worden. Die Schienen (Fig. 166 a a) bestehen aus quadratischen hölzernen Schwellen von Buchen- oder anderm harten Holze, ohne irgend eine schützende Eisenplatte. Die Langschwellen oder Schienen sind 9 Fuß lang, 6 Zoll im Quadrat stark, an hölzerne Querschwellen b befestigt, so daß das Ganze einem großen Gerüste von Längen- und Querschwellen gleicht. Ein Theil von dem Holz ist dem Verfahren zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit der Hölzer, worauf die Herren Payne und Brunett patentirt worden sind, unterworfen worden.

Herr Prosser bemerkt, daß die Vortheile der Anwendung seiner Patentleiträder in Verbindung mit hölzernen Schienen darin bestehen, daß die Räder auf diesen besser greifen, so daß stärkere Steigungen befahren werden können, als dies bei eisernen Schienen der Fall ist; daß man mit Sicherheit stärkere Krümmungen befahren kann, und daß die Wagen weit weniger dem Ablaufen von der Bahn unterworfen sind. Auch die Wohlfeilheit dieses Systems wird noch hervorgehoben.

Gußeiserne Patent-Kantenschienen.

Obgleich nach der Einführung der Kantenschienen manche verschiedene Formen derselben vorgeschlagen wurden, so war doch die erste wesentliche Verbesserung diejenige, worauf im Jahr 1816 die Herren Losch zu Waltsend und Herr G. Stephenson, damals zu

Killingworth, ein Patent erhielten. Der wesentliche practische Mangel der damaligen gußeisernen Schienen bestand darin, daß an den Wechseln die Räder aufgehalten wurden und Stöße erlitten, wodurch die Schienen aus ihrer Lage gebracht oder zerbrochen wurden. Dies veranlaßte zu verschiedenen Erfindungen, um die Schienen und Stühle so einzurichten, daß dieser Nachtheil vermieden werde. Der Gegenstand des obenerwähnten Patents war der, die Schienen unbeweglich in den Stühlen zu befestigen. Die Verbindung der Schienen erfolgte durch Verplattung und durch einen Bolzen, der durch beide Enden ging. Es sollten nämlich die Enden zweier Schienen nicht gegeneinander hervorstehen und man wollte sie gegen das Sinken der Blöcke sichern.

Fig 167 zeigt einen solchen Wechsel und den unterliegenden Steinblock einer Patentschiene.

Fig. 168. Querdurchschnitt der Schiene.

Fig. 169. Der Grundriß.

Eine ähnliche Schienenform wurde von Herrn B. Thomson vorgeschlagen und auf der Brunton-Shields-Eisenbahn versucht. Der Stuhl hatte nur eine Wange oder Seite, und die Schiene wurde an demselben mittelst eines Schraubenbolzens befestigt.

Fig. 170 ist ein Querdurchschnitt von der Schiene, dem Stuhl und dem Schraubenbolzen. Da diese Einrichtung, die Schiene durch Schraubenbolzen zu befestigen, nicht practisch und zweckmäßig befunden wurde, so gab man Keilen den Vorzug.

Kantenschienen von Schmiedeeisen.

Die erste verschiedene Verbesserung aber, welche bei der Construction der eisernen Schienen Statt findet, so daß sie eine größere Geschwindigkeit der Fahrten gestatten, bestand darin, daß man bei ihrer Anfertigung Schmiedeeisen statt Gußeisen anwendet.

Herr Wood bemerkt, daß schmiedeeiserne Kantenschienen zuerst im Jahre 1803 in der Waltbottle-Steinkohlengrube bei Newcastle am Tyne, von einem Herrn Nixon angewendet worden seien. Diese Schienen waren nur einige Fuß lange Stäbe, welche durch einen Stift und durch halbe Ueberplattung mit einander verbunden worden waren. Das Ende der einen Schiene griff 3 Zoll über das der andern. Jedoch gab man zu jener Zeit den gußeisernen Schienen mit einer breiten Oberfläche den Vorzug.

Nach einem Berichte von Herrn R. Stevenson zu Edinburgh, vom December 1818, wurden die schmiedeeisernen Schienen zuerst im Jahre 1810 bei den Steinkohlenbergwerken des Lord Carlisle zu Tindell-Fell in Cumberland eingeführt. Zu der Zeit, als er seine Abhandlung schrieb, wurde in jenem Steinkohlenwerke eine $3\frac{1}{2}$ engl. Meilen lange Strecke mit solchen schmiedeeisernen Schienen belegt, welche bereits 8 Jahre im Gebrauche waren, sowie auch eine 2 Meilen lange Strecke mit gußeisernen Schienen, und daß das Schmiedeeisen den Erwartungen in jeder Hinsicht entsprochen hatte. Das Gesagte wurde durch einen Brief von jenen Steinkohlenbergwerken vom Mai 1819 bestätigt. In demselben wurde bemerkt, daß schmiedeeiserne Schienen vor 8 Jahren gelegt worden wären, ohne irgend einer Reparatur zu bedürfen, während bei den gußeisernen, wegen ihrer Zerbrechlichkeit, fast tägliche Reparaturen vorgefallen wären. Herr Stevenson scheint zu der Zeit, als er seine Bemerkungen niederschrieb, von den Vorzügen der schmiedeeisernen Kantenschienen gegen die gußeisernen in vollem Maße überzeugt gewesen zu sein. Er bemerkt, daß die platten Schienen, welche damals so sehr viel im Gebrauche waren, nicht allein eine größere Reibung veranlaßten, sondern auch durch den Schmuz, der sich

so leicht auf denselben anhäufte, die Räder aufhielten; er bemerkt ferner, daß die Anwendung schmiedeeiserner Kantenschienen mit den wichtigsten Verbesserungen des Eisenbahnsystems verbunden sei, und daß er schmiedeeisernen Schienen von 12—15 Fuß Länge, mit ebenen Seitenflächen und parallelen Kanten, einen entschiedenen Vorzug gebe. Die Folge hat diese Meinung entschieden bestätigt; allein die allgemeine Meinung war zu jener Zeit gegen den Gebrauch des Schmiedeeisens zu Schienen, und zwar wegen seiner größern Oxydirbarkeit, und weil es durch das Walzen fadig werden und sich in Schiefern ablösen würde. Aus diesen Gründen sprach sich auch Herr W. Chapman in seinem Bericht über die Newcastle-Carlisle-Eisenbahn vom Jahr 1829 ungünstig über das Schmiedeeisen aus.

Uebrigens war die Anwendung des Schmiedeeisens bis zu dem Jahr 1820 außerordentlich beschränkt, bis im October dieses Jahres schon Birkenshaw auf den Bedlington-Eisenwerken ein Patent auf Verbesserungen in ihrer Construction nahm. Vorher war die Form des Querschnitts von den Schienen entweder ein Quadrat oder ein Oblongum, oder man wendete zuweilen auch eine brückenförmige Gestalt der Schienen an. In seiner Patentbeschreibung bemerkt Birkenshaw, daß die Schienen aus prismatischen Eisenstäben beständen. Die Oberfläche des Stabes, auf welcher der Wagen läuft, sollte zur Verminderung der Reibung etwas convex gemacht werden, und die untere Fläche sollte auf den Blöcken, Stühlen oder Schwellen aufliegen. Der Patentnehmer schlug die keilförmige Gestalt vor, weil die Stärke einer Schiene stets proportional dem Quadrat ihrer Breite und Höhe ist, und weil daher diese Gestalt einer Schiene die ganze Stärke eines Würfels, gleich seinem Quadrat, besitzt. Er fügt noch

hinzu, daß die Schienen noch hinlänglich stark bleiben würden, daß aber ihr Gewicht bedeutend vermindert werden würde, wenn man ihnen concave Seiten gäbe. Es waren jene Schienen von den jetzigen einfachen Parallelschienen wenig verschieden.

Obgleich diese patentirte Erfindung dem Anscheine nach nicht viel Neues darbot, so führte doch der Versuch, ein wissenschaftliches Princip der Construction einzuführen, zu der ungeheuren und endlosen Verschiedenheit eiserner Schienen, welche in der Folge eingeführt wurden, und bei denen viel Kunst entwickelt worden ist; denn Jahrelang, nachdem dieses Patent genommen worden war, schien die öffentliche Meinung sich zu Gunsten der „fischbäuchigen Kantenschienen" auszusprechen, die vom Herrn Jessop eingeführt worden waren; und wirklich wurde diese Schienenform am häufigsten angewendet. Wir sahen, daß Herr Georg Stephenson, in Verbindung mit Herrn Losh, im Jahr 1816 ein Patent auf eine verbesserte Schienenform genommen hatte; und auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn, auf welcher der Erstere, den man mit Recht als den Vater des Locomotiv-Transportsystems ansehen kann, zuerst als Eisenbahn-Ingenieur auftrat, hatten die ersten Schienen, die wahrscheinlich in dem Jahr 1821 oder 1823 gelegt worden sind, eine fischbäuchige Form, wogen aber nur 28 Pfund das laufende Yard.

Diese Schienenform wurde später aus Stabeisen gemacht und auf verschiedenen Eisenbahnen angewendet. In dem Jahr 1829 erhielten die Herren Losh, Wilson und Bell ein anderes Patent auf eine Verbindung der Schienen ohne Bolzen, wie sie in einem früheren Patente des Hrn. G. Stephenson vorgeschlagen worden war; und ihre Patentschienen wurden 1829 auf der Newcastle-Carlisle-Bahn und an andern Orten gelegt.

Es ist bemerkenswerth, wie langsam die Fortschritte in dem Eisenbahnbau bis zu der Zeit waren, zu welcher das Patent auf stabeiserne Schienen genommen wurde; wirklich hatte bis dahin keine wesentliche Veränderung der Grundsätze, nach denen lange Zeit hindurch die Eisenbahnen construirt worden waren, Statt gefunden. Man konnte sich zu jener Zeit das Großartige des Eisenbahnsystems gar nicht denken; die Eisenbahnen waren fast ganz auf ihre ursprüngliche Benutzung bei'm Bergbau beschränkt, denn sämmtliche Eisenbahnacte in den zwanzig Jahren bis 1820 beliefen sich nur auf zwanzig. Zu jener Zeit war die Stockton Darlington-Eisenbahn-Compagnie noch nicht öffentlich aufgetreten, denn erst 1821 wurde ihr die erste Palamentsacte ertheilt, eine Bahn mit Rinnenschienen (tram road) von Stokton am Tees nach dem Witton-Park Steinkohlenbergwerke, mit mehren Zweigbahnen anzulegen, wozu ein Capital von 82,000 Pfd. St. in 100 Pfund-Actien zusammengebracht und außerdem eine Anleihe von 20,000 Pfd. gemacht worden war. In den Jahren 1823 und 1824 wurden die Kräfte der Gesellschaft noch durch andere Parlamentsacten erhöht. Uebrigens war zu jener Zeit die Zahl der Eisenbahnen in dem vereinigten Königreiche bedeutend, wenn man die bei den Steinkohlenbergwerken und bei den Hüttenwerken hinzurechnet; jedoch wurden alle nur mit Pferden und durch die Schwerkraft betrieben.

Einer der besten Eisenbahn-Ingenieure England's zu jener Zeit war der verstorbene William James zu Warwik, welcher die erste etwas lange Eisenbahn England's, nämlich die Stratford-Moreton Bahn zum Transport von Steinkohlen und landwirthschaftlichen Producten anlegte. Sie wurde im Jahr 1821 vollendet, war mit den Zweigbahnen $18\frac{1}{2}$ englische Meilen lang und hatte ebenfalls Pferdebeförderung.

Ein anderer Mann, der zu jener Zeit viele Kenntnisse von Eisenbahnwesen zeigte, war Thomas Gray in Leeds, der 1820 ein kleines Werkchen über Eisenbahnbau herausgab, und der als der Gründer des jetzigen Eisenbahnsystems angesehen werden muß. Auch Herr Gray hat, gleich manchen andern Erfindern, keinen Vortheil von seinen nützlichen Projecten gehabt, was umsomehr bedauert werden muß, da von dem Eisenbahnwesen ein so großer Nutzen erlangt ist. Keiner konnte kurz vorher, oder im Jahr 1820 die Riesenschritte vorhersehen, welche der Eisenbahntransport so bald machen würde, und die seit jener Zeit gemachten Eisenbahnunternehmungen lagen außerhalb der Grenzen menschlicher Berechnung. Aller dieser Erfolg aber ging aus einem einzigen Umstande hervor — aus der Erfindung einer wirksamen Triebkraft; denn ohne mächtige Elementarkraft würden die eisernen Straßen für den Personenverkehr nur einen geringen Nutzen gehabt haben, wie aus einem einfachen Vergleiche der Bahnen der damaligen und der jetzigen Zeit hervorgeht.

Es sind noch keine 30 Jahre her, daß große Summen auf die Anlage von Eisenbahnen mit Pferdebetrieb verwendet wurden, auf denen es die Reisenden schon gern sahen, durch ein Pferd mit einer Geschwindigkeit von 8—10 engl. Meilen in der Stunde transportirt zu werden. Selbst noch im Jahr 1826 wurde eine Parlamentsacte auf die Erbauung einer Eisenbahn mit gußeisernen Kantenschienen und mit Pferdeförderung zwischen Edinburgh und Dalkeith, mit Zweigbahnen nach den Steinkohlenbergwerken, erlassen. Sie wurde 1831 dem öffentlichen Verkehr eröffnet und wird noch jetzt auf dieselbe Weise betrieben. Jedoch steht man im Begriffe, diese Eisenbahn umzuändern und für den Locomotivbetrieb einzurichten, welcher in ihrem jetzigen Zustande wegen

der leichten Schienen (es sind Fischbauchschienen, von denen das laufende Yard etwa 28 Pfd. wiegt, und die auf Steinblöcken und Stühlen liegen) und wegen der kurzen Halbmesser einiger ihrer Curven (600 Fuß oder weniger, als $\frac{1}{8}$ englische Meile) nicht möglich ist. Diese Veränderungen werden übrigens viele Kosten verursachen und die Bahn wird dennoch stets unvollkommen bleiben. Es würde demnach vielleicht weit vortheilhafter sein, die Bahn, so wie sie da ist, für den Steinkohlenverkehr zu lassen und für den übrigen Verkehr eine ganz andere Bahn anzulegen.

Auch andere Eisenbahnen wurden zu jener Zeit für Pferdekräfte erbaut, von denen jedoch schon mehre für Locomotiven umgeändert worden sind. Selbst noch im Jahr 1831 wurde eine Parlamentsacte zur Anlage der Whitby-Pickering-Eisenbahn für Pferdebetrieb ertheilt; verschiedene kleine Bahnen werden *) noch jetzt mit Pferden befahren. Es wurden also, wollen wir das Gefühl der Menschlichkeit unberücksichtigt lassen, für den Personentransport verhältnißmäßig nur geringe Vortheile durch die Anwendung der Eisenbahnen mit Pferdebetrieb, gegen die ältere Art des Reisens in Wagen auf guten Kunststraßen, erreicht und selbst dies noch zweifelhaft.

Nachdem wir nun eine allgemeine Beschreibung von den verschiedenen Formen der Stuhlschienen gegeben haben, wollen wir zur Beschreibung der Stühle und Unterlagen, so wie zu der Art und Weise der

*) Auf dieser Eisenbahn beträgt die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher die Wagen gezogen werden, 11 engl. Meilen in der Stunde, und bei dieser Geschwindigkeit zieht ein Pferd einen 3 Tonnen wiegenden Wagen mit etwa 30 Reisenden, zusammen also ein Gewicht von 5 Tonnen.

Befestigung dieser verschiedenen Theile des Eisenbahn-Oberbaues weiter gehen. Wir müssen bemerken, daß die Stärke der Schienen seit der Einführung des Dampfes als Triebkraft nach und nach immer erhöht wurde; die Schienen erhielten gewöhnlich eine Länge von 12, 15 und 16 Fuß mit rechtwinkeligen oder abgeschrägten Enden, und es wurde Ende an Ende gelegt, indem man die früher complicirten Einrichtungen zur Verbindung der Schienenenden gänzlich aufgab und die Verplattung oder das Ueberkämmen (Fig. 169) nur noch selten anwendet. Zwischen zwei Schienen muß wenigstens $\frac{1}{10}$ Zoll Zwischenraum zu ihrer Ausdehnung bleiben; denn es ist bewiesen, daß eine 15 Fuß lange Schiene sich bei 75° F. ungefähr um $\frac{1}{11}$ Zoll ausdehnt. Man hat den Vorschlag gemacht, zwischen den Schienenenden ein Stückchen Holz zu legen, indem die verschiedenen ausdehnenden Eigenschaften des Holzes und des Eisens eine Ausfüllung des Raums bewirken und das Holz sich ausdehnt, wenn sich das Eisen zusammenzieht; allein es ist dieser Vorschlag unzweckmäßig, da das Holz leicht herausfällt und der Raum alsdann leer bleibt. Es giebt keinen Theil des Eisenbahnbaues, der eine so große Genauigkeit erfordert, als das Aneinanderfügen der Schienenenden; das Rechtwinkelige der Enden und der zur Ausdehnung erforderliche Raum können nicht genau genug regulirt werden. Statt dessen sieht man aber oft Zwischenräume an den Schienen wechseln, von verschiedener Weite und von verschiedener gegenseitiger Höhe, so daß beide Enden nicht in einer Ebene liegen. Dadurch wird die Reibung vermehrt, es werden Stöße und die Gefahr herbeigeführt, daß die Räder aus der Bahn kommen.

Das Setzen von Steinblöcken in gewissen Zwischenräumen.

Steinblöcke in den Oberbau einzulassen, war lange Zeit hindurch die hauptsächlichste Art und Weise, wie die eisernen Schienen unterstützt wurden, und auf einigen Eisenbahnen werden sie noch auf der ganzen Linie angewendet. Auf andern wendete man sowohl Steinblöcke, als hölzerne Schwellen an, und zwar legte man die ersteren auf festen Grund und in Einschnitte, die durch festes Gestein getrieben worden waren und die hölzernen Schwellen auf Aufschüttungen, und anf die letztern ohne alle Umstände wenigstens so lange, bis sie zu einer endlichen Festigkeit gelangt waren; in manchen Fällen hat man jedoch die hölzernen Schwellen durch Steinblöcke ersetzt. Man hat aber diese Regel größtentheils aufgehoben, und die Annahme von Steinblöcken oder hölzernen Schwellen ist hauptsächlich durch locale und andere Verhältnisse bedingt worden. Herr Wood ist der Meinung, daß, wenn man Steinblöcke zu einem mäßigen Preise haben kann, sie durchaus die besten Träger für Schienen seien. Steinblöcke sind ohne allen Zweifel fester und leisten einen stärkeren Widerstand, als die hölzernen Schwellen; allein da die Bewegung der Wagen auf den letzteren angenehmer ist, und da sie elastisch sind, so sind sie in allgemeinen Gebrauch gekommen. Früher wendete man quadratische hölzerne Blöcke an, wie auf einem Theile der Stockton-Darlington-Eisenbahn; allein jetzt ist dies durchaus nicht gebräuchlich; und wenn man steinerne Blöcke nimmt, so macht man sie von Granit, Grünstein oder von irgend einem andern festen Gestein. Sie sind gewöhnlich 2 Fuß im Quadrat lang und breit und 1 Fuß hoch. Die Steine an den Verbindungspuncten zweier Schienen haben gewöhnlich ein Volumen von 5 Cubikfuß, sowie die auf den dazwi-

schenliegenden Puncten eines von 4 Cubikfuß. Die Entfernungen, in denen die Steine auseinanderliegen, hängen gewissermaßen von den Ansichten der Ingenieure ab; und wie schon nachgewiesen worden ist, sind die Meinungen in dieser Beziehung verschieden, indem einige eine leichte Schiene mit näherliegenden Trägern, andere eine schwere Schiene mit entfernter liegenden Trägern vorziehen. Uebrigens hat die Erfahrung gezeigt, daß, mag auch die Form und die Stärke der Schienen sein, welche sie wolle, Blöcke, die weiter, als 4 Fuß aus ihren Mittelpuncten von einander entfernt liegen, für Dampfkraft nicht brauchbar sind, und daß eine geringere Entfernung vorzuziehen ist. Auf manchen Eisenbahnlinien liegen die Blöcke von Mitte zu Mitte 3 Fuß weit auseinander, wie auf der Leeds-Letwy, Manchester-Leeds, York- und Northumberland-Bahn; auf andern liegen sie von Mitte zu Mitte 3 Fuß 9 Zoll auseinander, wie, z. B., auf der London-Birmingham-Bahn, auf der großen Verbindungs-London-Brightonbahn; und auf andern liegen sie 4 Fuß von einander entfernt, wie auf der südwestlichen Bahn, auf der Manchester-Birminghamer, der Edinburgh-Glasgower u. s. w. Zuweilen liegen die Steinblöcke in diagonaler Richtung einander gegenüber, zuweilen rechtwinkelig auf der Bahnlinie.

Fig. 171 ist ein Grundriß, welcher die Art und Weise zeigt, wie diese Steinblöcke a, b und die hölzernen Schwellen c gelegt werden. Man hat es als einen Vortheil betrachtet, sie diagonal zu legen, statt quadratisch, indem dadurch die Schienen eine festere Lage erhielten, und man von allen Seiten leichter zu den Steinen gelangen könne, wenn sie eine andere Lage haben sollten, und auch, weil man annahm, sie könnten so einen größern Seitenwiderstand leisten. Auf der London-Birmingham-Bahn werden fast nur Steinblöcke angewendet, und zwar

liegen sie diagonal, wogegen auf der Edinburgh=Glasgow=Bahn, sowie auch auf andern Linien, die Steine rechtwinkelig liegen, wobei die Stühle näher aneinander gelegt werden können und sie dem Oberbau eine größere Stabilität geben.

Da der Mangel an Parallelismus bei den Blöcken ein sehr großer Fehler bei'm Eisenbahnbau ist, eben so, wie auch ein Mangel an Gleichförmigkeit des Niveau's, so ist das Aufstellen der Blöcke ein sehr wichtiger Gegenstand. Da die Blöcke von einander getrennt und dem Sinken unterworfen sind, so können die Schienen sehr leicht aus ihrer gehörigen, sowohl horizontalen, als verticalen Lage kommen, und es ist dies demnach eine Quelle häufiger Unfälle. Man kann daher nicht genug Sorgfalt darauf verwenden, die Blöcke auf eine feste Unterlage zu stellen. Herr Barlow hält es für besonders wichtig, die Blöcke gegen einander überzustellen. Sind die Blöcke nicht vollkommen fest, und haben sie nicht eine ganz feste Unterlage, so kann eine Schiene zuweilen von einem Rade, z. B., $\frac{1}{4}$ Zoll, niedergedrückt werden, während das Rad vielleicht über dem Blocke befindlich ist, während unmittelbar darauf das hohe Rad niedergehen und das niedrige gehoben werden kann, wodurch eine stoßende Bewegung der Wagen entsteht.

Nach dem ältern Systeme wurde das Setzen der Blöcke mit Schlägeln und Schaufeln bewirkt, indem man in dieser Weise so lange auf sie schlug, bis sie in ihr gehöriges Niveau gelangt waren. Jetzt wird diese Arbeit aber gewöhnlich mit einem transportabeln Hebel ausgeführt, welcher ohnfähr 20 Fuß lang ist, und mit dessen kurzem Arme der Block ungefähr 1 Fuß hoch gehoben wird, worauf man ihn wiederholt auf die Kieslage, welche die Bahn bedeckt, niederfallen läßt. Bei jeder Hebung

streut man etwas Kies oder feinen Sand darunter, so daß eine recht feste Lage entsteht. Darauf wird der Block sowohl durch Winkel, als auch dem Augenmaße nach in das gehörige Niveau, sowohl in der Längen-, als auch in der Querrichtung, gebracht. Es wurde dies Verfahren zuerst von Herrn Georg Stephenson angewendet. Da nun die Entfernung der Blöcke untereinander vorher bestimmt worden ist, so wird alsdann deren ganze Linie nach der bestimmten horizontalen Richtung, sowie auch nach der vorgeschriebenen Steigung, gelegt. Sind sie erst einmal in die gehörige Lage gebracht, so müssen sie nicht wieder daraus entfernt werden.

Die Nothwendigkeit, die Blöcke untereinander in ein genaues Niveau zu legen, ist sehr augenfällig, wenn wir berücksichtigen, daß selbst $\frac{1}{4}$ Zoll auf 3 Fuß, 1 Zoll auf 12 Fuß beträgt, oder einer Steigung von 1 Fuß auf 144 gleich ist. Man hat wirklich grfunden, daß durch eine geringe Differenz des Niveau's an den Enden der Schienen der Wagen darübergeht, ohne einen Theil derselben zu berühren, während auf der andern Seite die geringste Abweichung von der geraden Linie, durch die Reibung des Spurkranzes der Räder, die Belastung der Maschine bedeutend verstärkt.

Ist demnach die Eisenbahn für bedeutende Geschwindigkeiten eingerichtet, so ist es einleuchtend, daß die Schienen nicht sorgfältig genug gelegt werden können, indem die geringste Abweichung von der Ebene den Wagen für einen Augenblick nicht gleichmäßig auf allen Rädern ruhen läßt, so daß er selbst nur von zweien getragen werden kann. Das dadurch veranlaßte Schleudern kann solche Seitenstöße hervorbringen, daß der Stuhl von seiner Unterlage abbricht, während die Biegungen der Schienen oder die Abweichungen von der Ebene, wie schon bemerkt,

dieselben Wirkungen hervorbringen, als wenn sich die Wagen stets auf geneigten Ebenen bewegten, während die Bahnlinie eigentlich vollkommen eben sein soll. Daß von Ursachen dieser Art mancherlei Unfälle veranlaßt werden, erleidet gar keinen Zweifel, und beweis't, wieviel von einer genauen Arbeit bei'm Eisenbahnbau abhängt.

Hölzerne Schwellen.

Vieles von dem, was in Beziehung auf das Legen und Befestigen der Steinblöcke auf der Kieslage gesagt worden ist, läßt sich auch auf die hölzernen Schwellen anwenden. Die letzteren haben übrigens den Vortheil, daß sie von einer Seite einer Bahn zu der andern reichen, so daß die beiden einander gegenüberliegenden Schienen auf einer Schwelle befestigt sind. Die Schienen können daher nicht so leicht ihren Parallelismus verlieren, oder überhaupt aus den bestimmten Maßen gebracht werden, selbst wenn das eine Ende von einer Schwelle etwas unter das andere herabsinke, wie es mit den Blöcken, die in keiner Verbindung mit einander stehen, so leicht der Fall ist. Es ist dies eine sehr wichtige Thatsache, die eine volle Berücksichtigung verdient.

Die hölzernen Schwellen bestehen gewöhnlich aus Lärchen-, Tannen- oder Eichenholz; und bei den Eisenbahnen, deren Spurweite 4 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll englisch beträgt, sind sie $7\frac{1}{2}$ bis 10 Fuß lang, 8 bis 12 Zoll breit und 5 bis 8 Zoll hoch. Eine Länge von 10 Fuß, eine Breite von 12 Zoll und eine Stärke von 5 bis 6 Zoll sind bei einer dreifüßigen Entfernung der Schwellen von einander, keine bedeutenden Dimensionen. Sie bestehen gewöhnlich aus halbem Holz schwacher Stämme, von denen die flache Seite

unten liegt. Diejenigen Schwellen, auf denen zwei benachbarte Schienen zusammenstoßen, oder die Wechselschwellen sind breiter, als die übrigen. Die Unterlage für die Schwellen bildet gewöhnlich die trockne Kieslage, womit der Unterbau beschüttet worden ist. In den dazu gemachten Gräben werden zerschlagene Steine geworfen, so genau, wie möglich, geebnet und alsdann die Schwellen darauf gelegt. Bis neuerlich hat man die hölzernen Schwellen kyanisirt, d h. sie nach dem Patent des Engländers Kyan mit einer Auflösung von ätzendem Queckfilber-Sublimat durchdringen lassen; allein es ist dies Verfahren von einer neuern Erfindung des Engländers Payne verdrängt worden, welcher Saft und Luft aus dem Holze zieht; ebenso wird auch das Verfahren des Herrn Burnett angewendet. Jedoch können auch Schwellen von gut ausgetrocknetem Lärchenholze ohne alle Vorbereitung angewendet werden. Die Schwellen auf der London-Birminghamer Eisenbahn sind 7 Fuß lang, 9 Zoll breit und 5 Zoll stark; auf der südwestlichen Bahn liegen 9 Fuß lange, 10 Zoll breite und $4\frac{1}{2}$ Zoll starke Schwellen; auf der Edinburgh-Glasgower Bahn 9 Fuß lange, 10 Zoll breite und $4\frac{1}{2}$ Zoll starke Schwellen; auf der Manchester-Birminghamer Bahn 9 Fuß lange; auf der Manchester-Leeds-Bahn 9 Fuß lange, 11 Zoll breite, und 5 Zoll starke; auf der Midland-Counties-Bahn 9 Fuß lange, 10 Zoll breite und 6 Zoll starke; auf der Nordbritischen Bahn $8\frac{1}{2}$ Fuß lange, 9 oder 10 Zoll breite und $4\frac{1}{2}$ oder 5 Zoll starke Schwellen.

Jetzt sind Eisenbahnen, welche gänzlich aus hölzernen Schwellen bestehen, sowohl in England, als namentlich auch in Deutschland, Belgien und Frankreich weit häufiger.

Dennoch herrscht über diesen Punkt des Eisenbahnbaues noch eine große Ungewißheit; denn ob-

gleich auf einer Bahnlinie die Steinblöcke gänzlich hinweggenommen und durch hölzerne Schwellen ersetzt werden, so findet auf andern doch noch das Gegentheil Statt, indem das Holz so sehr leicht verfault. Die hölzernen Schwellen sind, obgleich hinlänglich breit und viel länger, als die Spur der Bahn beträgt, dennoch der Verwerfung durch das geringste Sinken des Untergrundes von der Bahn oder des Bodens unterworfen, und da sie höchstens etwas tiefer als die Kiesaufschüttung gelegt werden können, so hat dieses System doch noch große Mängel. Wegen seiner Wohlfeilheit, leichten Herstellung und da es weit weniger steif ist, so hat es eine bedeutende Ausdehnung erlangt.

Die London-Greenwich-Eisenbahn giebt ein gutes Beispiel von der Elasticität einer Bahn, deren Unterlage aus hölzernen Schwellen besteht. Wären die Schienen auf Steinblöcke gelegt worden, so würde die Starrheit der Bewegung auf den Viaducten außerordentlich zugenommen haben.

Man hat sowohl in England, als auch in Amerika mehrfache Versuche gemacht, um Steinblöcke auf dieselbe Weise, wie hölzerne Schwellen, anzuwenden, d. h. indem man sie ebenso lang machte, wie die Letztern, und quer über die Bahn legte, so daß ein Stein beide Schienen tragen mußte. Man ging bei der Verfolgung dieser Idee davon aus, daß der Parallelismus der Schienen weit weniger gestört, oder dieselben weit weniger aus dem gehörigen Maße geworfen werden könnten, da solch' ein langer Stein weit weniger einsinken oder uneben werden könne, als die einzelnen Blöcke. Auf der Dublin-Kingston-Bahn wendet man durchgängig Granitschwellen dieser Art an, die 6 Fuß lang, 2 Fuß breit und 1 Fuß dick waren; dieselben wurden quer über die Bahn und 15 Fuß auseinander gelegt, wogegen man da-

zwischen, auf Entfernungen von 3 Fuß von Mitte zu Mitte, gewöhnliche Steinblöcke legte. Jedoch mißlang dieser Plan, wahrscheinlich, weil die Steinblöcke nur sehr schwierig gelegt werden konnten, da es schwer hielt, für solche schwere Blöcken ein gehöriges Unterlager zu bereiten; auch erfolgten auf so harten Unterlagen starke Erschütterungen und Stöße der schweren Bahnzüge, so daß die langen Blöcke zerbrachen. Sie mußten daher wieder weggenommen und durch hölzerne Querschwellen ersetzt werden. Zuweilen hat man auch gußeiserne Querschwellen, statt der hölzernen, angewendet; ebenso auch Lagerplatten aus derselben Substanz, statt steinerner Blöcke; jedoch fand man, daß das Gußeisen eine zu starke Rigidität zu dem Zwecke habe.

In den vereinigten Staaten wendete man steinerne Querblöcke auf der Boston-Lowell-Bahn an; sie bestanden aus Granit, waren 6 Fuß lang, 18 Zoll breit und ebenso stark; sie lagen von Mitte zu Mitte 3 Fuß auseinander, und trugen beide Schienen, indem die Spur 4 Fuß 8½ Zoll breit war. Jedoch fand man auch dort eine solche Bahn zu steif. Hin und wieder hat man, um eine größere Verbindung zwischen den einzelnen Blöcken zu erreichen, dieselben in den Curven durch eiserne Stangen verbunden.

Die Befestigung der Stühle auf den Blöcken.

Sobald die Blöcke oder die Schwellen auf einer Bahnlinie gelegt worden sind, so besteht die nächste Arbeit darin, auf derselben die Stühle zu setzen und zu befestigen, in denen die Schienen eingelegt und befestigt werden. Dieselben bestehen, ihrer veränderlichen Form wegen, gewöhnlich aus Gußeisen. Schmiedeisen ist freilich stärker, allein obgleich ein

Patent auf solche Stühle genommen worden ist, so hat man sie doch nie angewendet. Man hat ebenso verschiedene Formen für die Stühle, wie für die Schienen vorgeschlagen, indem sich jene nach diesen richten müssen. Im Allgemeinen stehen die Stühle senkrecht und haben ein offnes Lager oder einen offenen Einschnitt zur Aufnahme der Schienen, deren Basis, wenn sie in die Stühle eingelegt worden sind, etwa 1 Zoll über der Unterlage hervorsteht, bestehe diese nun in einem Steinblock oder in einer Schwelle. Die Entfernungen, in denen die Stühle auseinanderliegen, werden durch die Entfernungen der Blöcke gegeneinander regulirt. Ihre Befestigung auf den letzteren wird auf folgende Weise bewerkstelligt; es werden in die Steine $1\frac{1}{2}$—2 Zoll weite Löcher gebohrt, in welche hölzerne Pflöcke eingetrieben werden; wenn alsdann der Stuhl auf seiner Unterlage festgestellt worden ist, so treibt man eiserne Nägel oder Bolzen mit Köpfen durch die in dem Fuße der Stühle befindlichen Löcher, in die hölzernen Pflöcke und befestigt auf diese Weise die Stühle fest auf den Blöcken. Wenn Stühle auf hölzernen Schwellen befestigt werden, so erhalten die Letzteren hinreichend tiefe Einschnitte und die Befestigung der Stühle erfolgt in derselben alsdann mit starken eisernen Nägeln. Gewöhnlich sind die Stühle mit 2 Löchern versehen; auf manchen Eisenbahnen haben sie aber drei; wie z. B., auf der London-Brighton-Eisenbahn, indem auf der einen Seite zwei und auf der andern nur ein Loch befindlich ist. Bei den Stühlen auf den Wechseln der Schienen, und zuweilen auch bei den zwischenliegenden, sind die Löcher zuweilen diagonal angebracht.

Das Gewicht der Stühle richtet sich nach der Größe und Stärke der Schienen, und man macht jetzt beide weit schwerer, als früher. Auf der London-

Brighton-Eisenbahn liegen die Schienen, von denen das Yard (à 3 Fuß) 76 Pfund wiegt, in Stühlen, welche auf den Wechseln $10\frac{1}{4}$ Zoll breit und 5 Zoll hoch sind, während die übrigen Stühle dieselbe Breite und $4\frac{3}{4}$ Zoll Höhe haben. Auf der Nordbritischen Eisenbahn sind die Stühle 10 Zoll breit, 4 Zoll lang und 5 Zoll hoch, und die Stühle an den Wechseln sind 1 Zoll länger.

Das Gewicht der Stühle auf den Wechseln der London-Birminghamer-Bahn beträgt 31 Pfund, und das der übrigen $26\frac{1}{2}$ Pfund.

Wenn die Stühle auf Steinblocken befestigt werden, so legt man gewöhnlich zwischen beide Filzstücken; wird nun der Stuhl fest gegen den Stein gepreßt, so bildet der Filz ein Bett für den Stuhl, giebt ihm einerseits eine größere Festigkeit und vermindert anderseits die Stöße der Wagenräder, und veranlaßt eine sanftere Bewegung auf den Steinblökken. Jedoch hat man gefunden, daß nach wenigen Jahren die gute Wirkung fast gänzlich verloren gegangen ist, indem fortwährend schwere Lasten auf die Schienen einwirken, und weil der Stuhl sehr fest auf den Block drückt. — Jedoch haben die Stühle auf den meisten großen Eisenbahnlinien in England, deren Unterlagen Steinblöcke bilden, wie die London-Birmingham, Edinburgh-Glasgow und andere, Filzplatten zur Unterlage.

Das Einkeilen der Schienen in die Stühle.

Wenn die eisernen Schienen in die offenen Einschnitte der Stühle gelegt worden sind, so ist die nächste Arbeit, welche ausgeführt werden muß, das Festkeilen der Schienen. Der Keil wird zu dem Ende fest in den schmalen Raum getrieben, der zu seiner Aufnahme zwischen der innern Wand des Stuhls

und der äußeren Seite der Schiene vorhanden ist, wodurch eine feste Verbindung und Sicherung der Schiene in ihrem Sitze bezweckt wird. Man hat verschiedene Arten von Keilen angewendet; sie bestehen gewöhnlich aus Eichen- oder Ulmenholz, und werden entweder zusammengepreßt, oder in gewöhnlichem Zustande, sowie auch zuweilen durch das Patentverfahren vorbereitet, angewendet. Ebenso hat man auch feste, sowie auch hohle eiserne Keile benutzt.

Fig. 172 giebt einen Querdurchschnitt von dem hohlen eisernen Keile, auf welchen Herr Barlow ein Patent genommen hat, und welcher hier zur Befestigung einer doppelten Parallelschiene benutzt worden ist. Diese Keilform ist eine sehr zweckmäßige.

Da von einem zweckmäßigen Festkeilen der Schiene ein bedeutender Theil der Stabilität abhängt, so kann nicht genug Sorgfalt und Aufmerksamkeit auf die Arbeit gewendet werden; daher sind auch die Erfindungen in dieser Beziehung sehr zahlreich. Der Hauptzweck des Keils besteht darin, die Schiene recht fest in den Stuhl, niederzuhalten und zu gleicher Zeit die Längenausdehnung des Keils nicht zu verhindern. Diejenige Art von Keil, welche diesem Zwecke am Besten entspricht, hängt viel von der praktischen Erfahrung ab. Der allgemeine Gebrauch hölzerner Keile zur Befestigung der Schienen hängt von der größern Leichtigkeit ab, mit denen sie sich fest eintreiben und auswechseln lassen; allein, um diesen Zweck zu erreichen, müssen die Keile eine bedeutende Größe haben. Nichts zeigt eine unvollkommene Arbeit bei einem Eisenbahnbau mehr, als wenn da, wo Stühle und Keile angewendet werden, die Linie einer steten Beaufsichtigung bedarf, um die Keile dicht angezogen zu erhalten.

Die Figuren 173, 174, 175 und 176 zeigen die Art und Weise, wie die Schienen mit hölzernen Keilen in ihren Stühlen befestigt werden.

Spurweite (gauge, gage).

Diese Benennung bezeichnet die Entfernung zwischen den beiden innersten, obersten Kanten der Eisenbahnschienen.

Die erste Anwendung der Eisenbahnen in den Kohlenminen, in einem sehr gebirgigen Theile Englands, wo der Raum für jede Communication, wenn man dabei keinen besonderen Kostenaufwand machen wollte, sehr beengt war, sowie die beschränkte Benutzung dieser Bahnen, begründet auf die damals allein bekannte geringe Kraft von Menschen oder Pferden, machten es nothwendig, die zu transportirende Last in möglichst kleine Theile zu vertheilen.

Hieraus entstand die kleine, für den oben ausgesprochenen Zweck aber hinreichende Form der Wagen, und aus Allem endlich eine Spurweite von 3 Fuß bis 3 Fuß 6 Zoll für die Eisenbahnen, welche daher schmäler als die Spur der gewöhnlichen Landstraßen waren. Mit der Einführung von Dampfwagen als Zugkraft zum Transport von Personen und Gütern auf Eisenbahnen mußte sich natürlich der ganze Bau der Bahnen nach denselben richten.

Die von G. Stephenson in England, als den Erbauer der damals für die Stockton-Darlington-Eisenbahn construirten Dampfmaschinen, aufgestellten Grundsätze beschränkten sich auf eine Spurweite von 4 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll, welche die gewöhnliche Weite der Wagenspur auf Landstraßen war, wodurch dieselbe also nur 1 Fuß $2\frac{1}{2}$ Zoll bis 1 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll weiter, als die für diesen Zweck bei den Eisenbahnen in den Collieries angenommene gewöhnliche Spurweite wurde.

Der für die Liverpool- und Manchester-Eisenbahn im Jahre 1830 construirte, zu jener Zeit als vollkommen betrachtete Dampfwagen, Rocket, gab dem Eisenbahnsysteme hohe Wichtigkeit Der Erfolg, so wie das Verdienst der ausgezeichneten Ingenieurs und Maschinisten G. und R. Stephenson, der Erbauer des genannten Dampfwagens, machten es sehr natürlich, daß die Anstalt der genannten Ingenieurs die meisten Locomotiven für Eisenbahnen in England, namentlich aber für auswärtige Bahnen, zu verfertigen erhielt und sehr bald eine der bedeutendsten und vollkommensten Werkstätten dafür errichtet hatte.

Wie indessen das Neue selten gleich bei seinem Entstehen ganz vollkommen ist, so war es auch mit den Dampfwagen. Sowohl die genannten, als alle übrigen Maschinisten Englands fanden hinreichend Gelegenheit, sie zu verbessern, wodurch endlich die gegenwärtige, mehr vervollkommnete Constructionsweise erlangt wurde. Man behielt jedoch die Spur von 4 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll bei, obgleich mehre Maschinisten, namentlich R. Stephenson und Comp., eine wesentliche Aenderung unternahmen, aus welcher die Nothwendigkeit eines größeren Raumes für den Körper des Dampfwagens und folglich einer größeren Spurweite hervorging.

Ob nun die getroffenen Einrichtungen zur fabrikmäßigen Construction von Dampfwagen für die übliche schmale Spurweite, oder die wirkliche Erkenntniß, daß eine breitere Spurweite, als die bisher angewendete von 4 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll, unnöthig oder selbst nachtheilig auf die Construction der Locomotiven und den Erfolg der Eisenbahn im Allgemeinen wirken würde, oder endlich, ob eine beabsichtigte Consequenz in den früher aufgestellten Principien über die Construction von Eisenbahnen und Dampfwagen daran

schuld waren, daß die Annahme einer Spurweite von 6′ und darüber widerrathen wurde, steht dahin. Gewiß ist es aber, daß R. Stephenson mehrfach erklärt hat, daß bei der ersten Einführung von Eisenbahnen in einem Lande immer eine Spurweite von 5′ und auch 5′ 3″ als räthlich anzunehmen sei, um mehr Raum für die Construction der Maschinen zu gewinnen; ein Ausspruch, der umsomehr Berücksichtigung verdient, jemehr der wirklich praktische Eisenbahn-Ingenieur, der gleichzeitig Dampfwagen-Constructeur ist, am Geeignetsten erscheint, Fragen der Art zu entscheiden.

Der natürliche Wunsch deutscher Eisenbahngesellschaften, die Erfahrungen Englands in der Construction von Eisenbahnen zu benutzen, war wohl die Hauptveranlassung dazu, daß man die Liverpool-Manchester-Bahn, als die älteste englische Haupteisenbahn, wo so bedeutende Capitalien zu Versuchen verwendet worden waren, als Muster annahm, und die schmale Spur derselben anwendete. Nur im Großherzogthum Baden, für die Bahn von Mannheim nach Basel, erkannte man den Werth einer weiten Spur und nahm 6′ dafür an, und auch Rußland that ein Gleiches für alle seine Bahnen. In Amerika wurde hingegen die schmale Spur von 4, 8½″, oder doch nur mit sehr geringem Unterschiede, angewendet, weil alle Dampfwagen früher aus England durch schriftliche Aufträge bezogen werden mußten, indem die von den Eisenbahngesellschaften zur Eröffnung der Bahn bestimmte, oft sehr kurze, Zeit und die weite Entfernung von England viele Präliminarien zweckwidrig erscheinen ließ.

Ueberdies waren die Ingenieurs zu sehr mit der möglichst schnellen Vollendung der Bahn beschäftigt, um der Lieferung der Dampfwagen aus England mehr Aufmerksamkeit widmen zu können. Es war

daher bei der großen Anzahl von Aufträgen für Dampfwagen nicht selten, daß die Bahnen längst vor der Ankunft der Locomotiven vollendet waren, und daß man sie, wo es die Lage und die Verhältnisse der Bahn gestatten, anfänglich mit Pferdekraft benutzen mußte.

Die später in Amerika sich bildenden Damvfwagen-Fabriken erkannten allerdings zwar den Nachtheil eines schmalen Geleises an, waren jedoch bei den vielen und ausgedehnten, schon bestehenden Eisenbahnen, oder durch die Aufträge zu neuen, zum Anschluß an die vorigen bestimmten Bahnen, genöthigt, dieselbe Spurweite zum Grunde zu legen. Die New-Orleans- und Nashville-Eisenbahn, 360 Meilen lang, nahm indeß, als eine selbständige Bahn, eine breite Spur von 6' an.

Um jedoch mit der gegebenen schmalen Spurweite den größtmöglichen Effekt zu erlangen, änderten später die meisten amerikanischen Maschinisten die Constructionsweise gänzlich, vorzugsweise aber W. Norris in Philadelphia, M. W. Baldwin in Philadelphia, noch mehr aber Mos. Ph. Davis und Gärtner und deren Nachfolger N. Gillingham und Winans in Baltimore.

Wenn hoffentlich durch Vorstehendes der Schein der Parteilichkeit entfernt worden ist, läßt sich als gewiß aufstellen, daß die angeführten Umstände und das Verfahren einzelner, wenn gleich talentvoller, englischer Ingenieurs und Erbauer der ersten, damals zweckmäßigen Dampfwagen, nicht zu der Behauptung berechtigen, daß überall eine breitere Spurweite nicht in Erwägung gezogen und vielleicht zweckmäßiger sein dürfte, daß selbst, wenn Letzteres bewiesen, dieselbe nicht angewendet werden sollte.

Von dieser Ansicht durchdrungen, trat in England, dem europäischen Mutterlande der Eisenbahnen,

der scharfsinnige und höchst einsichtsvolle Ingenieur J. K. Brunel, gestützt auf die gewonnene Ueberzeugung und das Urtheil vieler ausgezeichneten Eisenbahn-Ingenieurs, erfahrener Maschinisten und Dampfmaschinenbauer, als der Erste gegen den gleichsam eingewurzelten, herkömmlichen Gebrauch des Eisenbahnsystems von ganz England auf und schlug der ihm zum Ober-Ingenieur erwählenden Great-Western-Eisenbahngesellschaft, außer der ununterbrochenen Unterstützung der Schienen, eine Spurweite von 7 Fuß vor.

Als in vielen Theilen von England dieser Vorschlag, gleichsam als eine neue Epoche im Eisenbahnwesen, allgemeines Aufsehen erregte und vielfache Anhänger und Vertheidiger fand, war die London-Birmingham-Bahn bereits soweit vorgeschritten, daß eine breitere Spur, als die der damit zu verbindenden Liverpool-, Manchester- und Grand-Junction-Bahn, nicht mehr angenommen werden konnte. Der zum Theil aus diesem Vorschlage erwachsende Mehrbetrag in dem erforderlichen Anlagecapital der Great-Western-Bahn war sehr bedeutend; dessen ungeachtet nahm die Direction jene Vorschläge und mit ihnen die breite Spur an. Dieser Umstand dürfte einigen Einfluß bei der Beurtheilung dieses Gegenstandes äußern, da sich nicht erwarten läßt, daß eine Eisenbahngesellschaft eines so bedeutenden Werkes, als das der Great-Western-Bahn, in einem Lande, wie England, wo viele große Bahnen seit Jahren bestehen, von der frühern Constructionsweise so bedeutend abweichen und sich einer mächtigen Meinungsopposition als Privatunternehmer entgegenstellen würde, ohne von der evidenten Zweckmäßigkeit der genauen Construction überzeugt zu sein.

Frankreich, diesem Gegenstande gleiche Aufmerksamkeit widmend, beabsichtigt, nach öffentlichen Mit-

theilungen, den Erfolg der Great-Western-Bahn abzuwarten, und darnach die Spurweite für sein großartiges Eisenbahnnetz zu bestimmen.

Die Nothwendigkeit einer breiteren Spurweite geht aus Folgendem hervor: eine der wichtigsten Anforderungen an eine Eisenbahn ist die Erlangung der Geschwindigkeit, verbunden mit der wünschenswerthen Sicherheit und mit Rücksicht auf Bequemlichkeit der Passagiere.

Dies wird durch kräftige Dampfwagen erlangt, welche eine größere Fläche, als bisher, für ihre Anlage erfordern, also auch eine breitere Spur in Anspruch nehmen, damit man, ohne dadurch ihre Schwere bedeutend zu vermehren, oder ihre Gestalt umförmlich zu machen, den Schwerpunkt derselben niedriger legen und dadurch für das Ganze mehr Stätigkeit und Sicherheit in der Bewegung erreichen könne. Nach der zweckmäßigen Construction der Dampfwagen, die noch immer einer Vervollkommnung fähig sind und auch in der That sehr bedürfen, wie tägliche Beispiele und namentlich die Reparaturen der englischen Locomotiven darthun, wird sich daher größtentheils die Spurweite richten.

Einige der wesentlichen, bei den gegenwärtig angewendeten Dampfwagen mit einer Spurweite von 4′ 8½″ bestehenden Nachtheile beruhen auf folgenden zwei Punkten:

1) Auf der Dampferzeugungsvorrichtung. Bei den schmalspurigen Locomotiven kann der Dampfkessel nur klein sein, und es ist die heftige Aeußerung der Hitze, welcher derselbe bei Erzeugung des Dampfes ausgesetzt ist, der daraus folgende Widerstand aller dieser Wirkung unterworfenen Theile und endlich die Ausdehnung der fest eingeschlossenen Dampf- und Wassermasse, welche bald Risse und Sprünge im Kessel veranlaßt.

Dies kann nur durch eine Vergrößerung des Volumens des Feuers und der demselben ausgesetzten Kesselfläche vermindert werden, indem dadurch eine Verringerung der nachtheiligen Heftigkeit der Feuerung und eine mehr gleichförmige Aeußerung der Hitze auf den Dampfkessel bewirkt wird. Hieraus geht die Nothwendigkeit einer größeren Fläche für die Construction des Dampfkessels genügend hervor. Diese ist aber bei der bisher üblichen schmalen Spur von 4′ 8½″ schwierig und nur allein bei Benutzung der amerikanischen Locomotiven von W. Norris, einigermaßen auch bei denen von M. W. Baldwin in Philadelphia, obgleich die ersten in vieler Hinsicht den Vorzug verdienen, wenn auch nicht in dem gewünschten Maße, dennoch mehr als bei irgend einer andern Constructionsweise, weniger nachtheilig.

2) Ein zweiter Nachtheil der Locomotiven für schmale Spurweiten beruht auf den, durch den Dampf in Bewegung gesetzten Theilen. Dieselben sind in Folge des ihnen vergönnten, nur geringen Raums und nach dem Verhältniß der ganzen Maschine in vielen Theilen zu schwach, um bei der großen Schnelligkeit ihrer Bewegung lange die nöthige Festigkeit zu behalten; so würden, z. B., größere Triebräder die Abnutzung und Beschädigung vieler Theile bedeutend verringern, ohne die geforderte Geschwindigkeit zu beschränken.

Von einem andern Gesichtspunkte betrachtet, stellen sich folgende Gründe heraus:

Die schmale Spurweite von 4′ 8½″ läßt die Lagerung der zu transportirenden Güter, besonders voluminöser Gegenstände, zwischen den Rädern nicht zu, sondern macht eine Plattform von 6—8′ Breite über denselben nöthig. Hierdurch entsteht natürlich bei der viel kleineren Basis ein bedeutendes Schwanken, eine Vergrößerung der Seitenpressung und Sei-

tenstöße, besonders bei stürmischem Wetter und noch mehr bei Krümmungen, welche dazu beitragen, die Reibung zu vermehren. Für eine Bahn, wo schwere oder voluminöse Gegenstände die Hauptfracht ausmachen, wird dies um so erheblicher, weil auch das Auf- und Abladen derselben, wegen der größeren Höhe der Plattform, sehr erschwert wird. Für die Passagiere kann die Erweiterung des Gleises nur zur größeren Bequemlichkeit und Annehmlichkeit in jeder Beziehung führen. Da endlich alle auf einer Eisenbahn sich gegen die Bewegung äußernden Widerstände durch die Reibung und Schwere entstehen, die sich in gerader Bahn, z. B., zwischen dem Radkranze und der Oberfläche der Schiene, zwischen den Achsen und ihren Lagern, und in den Krümmungen in der Reibung zwischen dem Spurkranze und der inneren Seite oder Backe der Schienen äußern, wird es einleuchtend, daß der Widerstand mit der Größe der Räder bei gleichen oder nur wenig vergrößerten Achsen sich bedeutend verringert. Wenn aber auch durch eine weitere Spur eine wesentliche Verstärkung der Achsen bedingt in Hinsicht der Reibung kein gleichzeitiger Vortheil erlangt wird, so besteht dennoch ein sehr wesentlicher Gewinn in der größeren Sicherheit und Dauer der Wagen. Die durch die Annahme einer mehr als 4′ 8½″ breiten Spur entstehende Vergrößerung des Anlagecapitals für das Planum, Brücken- und Querstücke steht in keinem Verhältnisse zu den daraus erwachsenden Vortheilen. Die ferneren Bemerkungen sind in dem Abschnitte über Wagen enthalten.

Nicht unbekannt mit den böswilligen Einwendungen der Vertheidiger der schmalen Spur, die es zuweilen vielleicht nur gerade deßhalb sind, weil die breite Spur nicht ihre Idee war, sowie von dem Grundsatze ausgehend, daß praktische Erfahrungen

allein den unbestreitbaren Werth der Sache begründen, wird es hinreichend sein, hier anzuführen, daß in England, nachdem die Great-Western-Bahn eröffnet worden, das dort angenommene breite Spursystem mehr und mehr allgemeine Anerkennung und Würdigung erlangt; wenngleich nicht in Abrede gestellt werden kann, daß bei diesem ersten großartigen Versuche sehr viele Mängel und Unvollkommenheiten, namentlich in der Construction der Maschine, sowie in den Rädern sämmtlicher Wagen, wenn man den erhaltenen Mittheilungen darüber vertrauen darf, noch jetzt vorhanden sind, die künftig, mit den nunmehr gewonnenen Erfahrungen, das gewünschte und beste Resultat herbeiführen, und den verdienten Ruhm des so kenntnißreichen Ingenieurs J. K. Brunel noch mehr begründen werden. Auch in Rußland sind die mit der breiten Spur etablirten Bahnen in erfolgreichem Gange. Dasselbe ist, nach den erhaltenen Nachrichten, der Fall mit der New-Orleans- und Nashville-Railroad, so weit sie construirt ist.

Seit langer Zeit mit der Idee über den Vorzug einer breiten Spur auf Eisenbahnen beschäftigt, wurde Herr Zimpel, dessen Werk wir diese Notizen entnehmen, noch mehr darin bestärkt, als er im Jahre 1833 in Louisiana ersucht wurde, ein technisches Gutachten über eine neue Erfindung in der Construction von verschiedenen Gattungen von Eisenbahnwagen, sowohl für Personen als Fracht, und anderer Maschinentheile, sämmtlich für eine Spurweite von 8 Fuß berechnet, abzugeben, welches den genannten Herrn veranlaßte, diesem Gegenstande die größte Aufmerksamkeit zu widmen.

Es dürfte hiernach, wenngleich die Dampfwagen von W. Norris in Philadelphia die erfolgreichsten Resultate liefern, dennoch für manche sich bildenden Eisenbahngesellschaften in einem Lande, wo das

Eisenbahnnetz noch nicht etablirt oder in größerem Umfange begonnen worden ist, nicht ohne Bedeutung sein, diesen Gegenstand zu erwägen.

Spielraum im Gleise (play).

Die Entfernung zwischen den beiden Schienen muß immer $\frac{5}{8}$'' größer sein, als der Zwischenraum von der inneren Begränzung des Radkranzes des einen Rades zum andern, welches für jede Seite einen Spielraum von $\frac{3}{8}$'' erlaubt. Bei einem geringeren Spielraume wird die Reibung zu stark und der conisch geformte Uebergang vom Radreifen zum Spurkranze sehr bald abgenutzt.

Bei einer Erweiterung des Spielraums hingegen schleudern die Wagen, namentlich bei einer großen Schnelligkeit zwischen den Schienenreihen hin und her, stören die Solidität der Bahn zugleich mit der ganzen Structur des Wagens und machen auch die Fahrt für die Passagiere sehr unangenehm. Viele Ingenieurs geben dennoch einen vollen Zoll Spielraum, was indessen jedenfalls, wenn anders die übrigen Arbeiten genau gemacht sind, zu viel ist.

Krümmungen oder Bogen einer Eisenbahn.

Um den Locomotiven und sonstigen Fuhrwerken auf den Eisenbahnen einen sicheren Gang zu gewähren, befinden sich an den, nach dem Wagenkörper hin gerichteten Seiten der Radkränze, die sogenannten Spurkränze, welche, an den Schienenkanten hinstreichend, jede bedeutendere Seitenbewegung der Wagen hindern.

Diese, hauptsächlich der Sicherheit wegen, allen Eisenbahnwagen gegebene Construction beschränkt, deren vortheilhafte Bewegung allein auf die gerade Linie. Jede Abweichung von der Letzteren wird im-

mer ein Schleifen beider Räder auf der äußeren, längeren Schiene und eine Seitenreibung des gegen dieselbe drückenden Spurkranzes des vordern und des hintern, jenen entgegengesetzten, Rades gegen die innere Schiene herbeiführen, und durch diese Vermehrung des Reibungscoefficienten den freien Lauf der Wagen hemmen. Um diesen Uebelstand zu verringern, giebt man dem Radkranze eine conische Form, indem man denselben nach Außen hin, gewöhnlich um $\frac{1}{10} - \frac{1}{7}$ der Breite des Randkranzes, verjüngt, wodurch es jedem an einer und derselben Achse befindlichen Räderpaare leichter gemacht wird, Bögen von verschiedenen Radien zu durchlaufen. Um ferner die aus der Centrifugalkraft resultirende Schleifung der Räder auf der äußeren Schiene zu mindern, wird dieselbe etwas höher gelegt, als die innere Schiene. Diese Höhen-Differenz findet man nach folgender Regel:

Man multiplicire das Quadrat der Geschwindigkeit pro Secunde in Fußen mit der Spurweite und dividire das Product durch die doppelte Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in einer Secunde, multiplicirt mit dem Radius des Bogens in Fußen, so wird das Resultat die Höhen-Differenz geben.

Es sei:

v = der Geschwindigkeit des Dampfwagens in Fußen pro Secunde;

b = der Spurweite;

m = der Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in einer Secunde in Fußen;

r = dem Radius des Bogens der Bahn, berechnet nach dem Mittelpunkte der Schwerkraft des Dampfwagens;

x = der verlangten Erhöhung der äußeren Schienen gegen die inneren.

Es ist dann:

$$\frac{v^2\ b}{2\ mr} = x$$

Nach de Pambour ist:

$$x = \frac{e\ v^2}{g\ m}\left\{2 - \frac{a\ D}{2(m+e)}\right\}\frac{e\ D}{m+e}$$

wenn nämlich angenommen wird, daß

D = dem Durchmesser des Rades in Fußen,

r = dem Radius des Bogens in Fußen,

e = der halben Spurweite der Bahn in Fußen,

v = der mittleren Geschwindigkeit pro Secunde im Laufe der Wagen in Fußen,

g = der Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in Fußen pro Secunde oder g = 32 Fuß,

$\frac{1}{a} = \frac{1}{7}$ oder der conischen Verjüngung des Rades,

x = der Erhöhung der äußeren Schiene über der inneren.

Folgende praktische Tabelle, gleichfalls nach de Pambour, möge zur Erläuterung dienen:

Bezeichnung der Wagen und der Bahn.	Radius des Bogens in Fußen.	Nöthige Erhöhung der äußern Schienen in Zollen und die Geschwindigkeit der Bewegung in Meilen engl. pr. Stunde.		
		10 M.	20 M.	30 M.
Raddurchmesser = 3″ . . .	250′	1,14″	5,60″	12,99″
Spurweite der Bahn = 4,70′ .	500	0,57	2,83	6,56
Spielraum = 0,83″ 1′ . . .	1000	0,29	1,43	3,30
Die conische Form	2000	0,15	0,71	1,65
des Radkranzes ist = $\frac{1}{7}$ der	3000	0,10	0,47	1,10
Breite desselben	4000	0,07	0,36	0,83
	5000	0,06	0,28	0,66

Wenn nun gleich die Beachtung dieser Regeln theoretisch die Nachtheile ganz aufzuheben scheint, indem nämlich die Centrifugalkraft und der Widerstand durch die Schwere einander gegenseitig die Wage halten, so ist dies doch in der Praxis keineswegs der Fall, da der geringste Fehler in der Construction der Walzen, z. B., eine kleine Excentricität der Räder, ein Verbiegen der Achsen oder eine ganz unvermeidliche unregelmäßige Vertheilung der Ladung, namentlich bei Personenwagen, ferner die Einwirkung des Windes bei einer großen Geschwindigkeit dazu beitragen werden, die Wagen mehr oder weniger seitwärts zu drücken, oder aus dem Cours zu treiben, wodurch die obenerwähnte Seitenreibung des Spurkranzes gegen die Schienen unvermeidlich veranlaßt wird. Dieser Uebelstand tritt bei'm Ansteigen der Bahn unter irgend einem Neigungsverhältnisse um so nachtheiliger gegen die Dampfwagen in Wirkung, jemehr dieselben dort ohnehin schon Widerstände, namentlich den der Reibung und der Schwerkraft, zu bekämpfen haben. Bei'm Absteigen hingegen ist, nach Obigem, bei jeder Abweichung von der geraden Richtung, namentlich bei'm schnellen Hinabgehen, die Gefahr des Ablaufens der Wagen aus der Bahn unverkennbar.

Zu den schädlichen Einwirkungen der Wagen ist besonders die schnelle Abnutzung des conischen Ueberganges vom Radkranze zum Spurkranze und des Letzteren selbst zu rechnen, welche sehr bald die Ergänzung der sehr kostspieligen Radreifen nothwendig macht.

Jemehr sich die Curve der Bahntrace schwingt, also je kleiner der Radius des Bogens wird, um so nachtheiliger wird der Einfluß desselben auf die Wagen, und man kann füglich annehmen, daß bei Bögen von weniger als 2000 Fuß Radius, nament-

lich bei stärkeren Steigungen, diese Nachtheile in volle Wirksamkeit treten, wenngleich auf vielen Bahnen verschiedener Länder Bögen von bedeutend kleineren Radien mit ganz gewöhnlichen Schienen construirt worden sind.

Bei der Construction verschiedener Eisenbahnen, von denen einige in einer Ausdehnung von ungefähr 5 Meilen die Straßen der Stadt New Orleans verfolgten, war man, der Straßenecken wegen, genöthigt, für die Locomotiven Bögen bis zu 156 Fuß Radius und, bei Eisenbahnen für die Anwendung von Pferden, Bögen sogar bis zu 90 Fuß Radius herab, zu etabliren.

Dies führte die Erfindung der nachstehend beschriebenen gußeisernen Schienen herbei, welche für alle kleinen Bögen anwendbar sind und allen Erwartungen entsprochen haben. Die Locomotiven haben die mit diesen Schienen belegten Bahnen während drei Jahren täglich im Durchschnitte 15—20 Mal, oft mit 10—12 angehängten, meist 2 Etagen hohen Personenwagen, welche oft zusammen 200 Personen führten, durchlaufen, und Pferde-Omnibus-Eisenbahnwagen von 2 Etagen, oft mit 40—60 Personen belastet, haben dieselben Bahnen 50—90 Mal täglich passirt, ohne einen erheblichen Nachtheil erlitten zu haben. Diese Bogenbahnen waren aus Schienen construirt, welche nach dem Radius der Curven gegossen wurden. Die Schienen waren durch Nägel von 6 Zoll Länge, deren Köpfe in dieselben, wie bei den Flachschienen, eingelassen wurden, befestigt; auf einer starken Unterlage ist eine dünne Holzplatte zwischen Schiene und Stein zu legen, wie dies schon früher erörtert worden ist.

Der Einwand der Zerbrechlichkeit, den man den gegossenen Schienen machen könnte, ist durch ihre Dimensionen vollkommen beseitigt, besonders wenn

sie, wie es immer der Fall sein sollte, eine solide ununterbrochene Unterstützung haben, in welchem Falle ihre Länge bis zu 12 Fuß betragen kann. Dagegen giebt den gegossenen Schienen die größere Billigkeit einen entschiedenen Vorzug vor den gewalzten, indem bei diesen die Anwendung einer Leitschiene auf der innern Seite nothwendig wird, und das Biegen der gewalzten Schienen nach dem verlangten Radius sehr kostspielig und zeitraubend ist.

Der unbedeutende, sich vielleicht in der Rinne ansetzende Schmutz wird leicht von selbst durch die Wasserabzugsrinnen n ablaufen. Ohnehin wird der Spurkranz diese Unreinigkeiten zur Seite drücken, welche übrigens bei gehöriger Bahnpolizei gar nicht, oder wenigstens in der Rinne nicht sehr viel mehr Statt finden werden, als in der ganzen Bahn.

Es dürfte hiernach die Anwendung von gußeisernen Schienen von geeigneter Form, namentlich auch für gerade Linien und Hauptbahnen, gerechtfertigt erscheinen, da die Abnutzung derselben nach mehren Jahren geringer, als bei den gewalzten oder wenigstens durchaus nicht größer, als bei Letzteren gefunden und die dabei stattfindende Friction gegen die bei gewalzten Schienen keineswegs vergrößert wurde.

Ungeachtet der höchst ungünstigen Lage dieser Bögen, da dieselben, abstrahirt von dem kleinen Radius, mit dem Niveau der zum Theil ungepflasterten, aus dem schwersten Lehmboden bestehenden Straßen von New-Orleans correspondiren mußten und daher nicht gehörig trocken erhalten werden konnten, ist dennoch niemals eine Schiene zerbrochen, obgleich dieselben von viel geringerer Stärke waren, als in den Figuren angegeben worden ist. Doch muß hier bemerkt werden, daß sowohl der Guß, wie das Eisen selbst von ausgezeichneter Beschaffenheit waren.

Es ist in neuern Zeiten die Idee entstanden, daß geschmiedete Radreifen auch gewalzte Schienen erfordern, um die größtmöglichste Wirkung des Dampfwagens zu erlangen. Wenn sich dies aber auch wirklich bei verschiedener Qualität des Eisens in Guß bestätigen sollte, so dürfen nach den angeführten Erfahrungen in vielen Fällen und namentlich bei der Anlage von Krümmungen gußeiserne Schienen vom zuziehen oder doch mindestens anwendbar sein.

Die verschiedenen Lagen, in welchen sich die Curve befinden kann, stellen auch verschiedene Bedingnisse für die Construction derselben heraus. Es können nämlich diese Bögen in der Horizontale oder geneigt liegen, und in beiden Fällen fragt es sich, nach welcher Seite der Bogen sich wendet. Daraus entstehen nun folgende Formen:

Ausweichestellen.

Da bei dem Gebrauche einer Eisenbahn nicht allein der Fall eintreten kann, daß sich zwei Wagenzüge begegnen, also der eine dem andern ausweichen, sondern da auch wohl ein Zug dem andern überholen muß, und endlich ein Theil der Bahn durch Umstände unbrauchbar gemacht sein könnte, so müssen Vorrichtungen vorhanden sein, gewisse Stücke der Bahn zu umgehen, oder dort, wo zwei Bahnlinien nebeneinander liegen, die Wagen von einer auf die andere versetzen zu können.

Zu diesem Zwecke werden auf der ganzen Bahnlinie an verschiedenen Orten die sogenannten Ausweichestellen angebracht. Ihre Länge, Ausdehnung und Zahl richtet sich bei einer Bahn ganz nach örtlichen Verhältnissen und dem Zwecke der Bahn selbst.

Bei Bahnen mit bedeutendem Verkehr, wenn auf denselben nur ein Geleise etablirt wurde, rechnet man bei den Anschlägen für die gesammte Länge der

Ausweichestellen gewöhnlich $\frac{1}{6}$ der ganzen Länge der Hauptbahn hinzu. Die Länge jeder einzelnen, als gerade, selbstständige Linie, also nach Abzug des Weges zu ihnen hin oder von ihnen aus nach der Hauptbahn, sollte, wo es zulässig ist, wenigstens die doppelte Länge des größten auf der Hauptbahn zu erwartenden Wagenzuges, also etwa 5 - 600 Fuß haben. Man muß sie von jeder Seite her, auf einige Entfernung sehen und leicht zu derselben gelangen können, weßhalb sie, wo möglich, immer in einer vollkommenen, oder doch nahe horizontalen Ebene liegen müssen, weil jede, auch noch so unbedeutende Unebenheit oder Unregelmäßigkeit leicht störend auf die Sicherheit des Wagenzuges einwirken kann. Ebenso ist es nöthig, bei der Etablirung einer Bahn darauf Rücksicht zu nehmen, daß im Bereiche der ganzen Ausweichestellen die Schienen der Hauptbahn stets eine gerade und ununterbrochene Richtung behalten, damit die Hauptzüge ungehindert diese Stellen passiren können, während die ausweichenden Wagenzüge seitwärts ausbiegen und durch die Ausweichestellen gehen.

Um diese Ausweichungen oder Seitenbahnen mit der Hauptbahn, oder überhaupt dort, wo zwei Bahnen nebeneinander laufen, eine Bahn mit der andern zu verbinden, sind Vorkehrungen (**switches or sleighs and crossing plates**) nöthig, die auf vielerlei Arten construirt werden.

Diese Versetzschienen, Leitzungen (**switches**) machen einen wesentlichen Theil einer Bahn aus. Ihr Haupterforderniß ist, den Winkel, den sie mit der Hauptbahn bilden, möglichst zu verkleinern, und dadurch die Wagen auf derselben ebenso sicher, wie auf einer geraden Linie, in der gewünschten Richtung fortzuführen.

Diese Versetzschienen schließen sich einerseits an die Hauptbahn, andererseits aber an die Uebergangs-

bahnen an. Letztere bilden flache Curven, welche, aus der Hauptbahn abgehend, nach der Nebenbahn sich hinüberziehen, indem sie mit kleinen Bogenstücken in beide übergehen, und eine vollständige Ausweichung besteht aus zwei solchen Curven (nämlich an jedem Ende derselben, wo sie sich mit der geraden Bahn vereinigt, eine) und aus der zwischen beiden liegenden Linie.

Die Schienen der geraden Richtung müssen Tangenten an die ableitenden Bahncurven (Uebergangscurven) sein und der Winkel da, wo die Versetzschienen aus der Hauptbahn gehen, bei einer Spurweite von 4′ 8½″ bis 5′ nicht viel über 7° sein, während der Radius der Uebergangs-Curven, bei Anwendung von sleighs oder beweglichen Schienen, eine Länge von 4—5000′ erhalten kann.

Nachstehende Tabelle giebt verschiedene Verhältnisse, die für dergleichen Ausweichestellen vorzüglich passend sind, an.

Radius des Bogens der ableitenden Bahn.	Länge der in der Hauptod. geraden Bahnlinie gebrachten beweglichen Schienen.	Abweichung am Ende dieser Schienen in Decimaltheilen eines Fußes.	Winkel am Kreuzpuncte u. Länge des Bogens an jedem dem Ende der Ableitung in Fußen.	Fuß gerade Linie in Mitte zwischen den beiden Endbögen.	Länge der abweichenden Bahn in Fußen.
Fuß.	Fuß.				
310	15,7	0,36	7°37,78	40	115
350	16	0,36	7.42,65	35	120
400	17	0,36	7.48′75	30	128
410,28	17	0,36	7.50′80	30	129,6
450	18	0,36	7.54′84	30	133
500	19	0,36	7.60′93	30	139
550	20	0,36	7.67′103	30	145

Bei einer über 5′ betragenden Spurweite, z. B., bei 6′ oder darüber, und einem verhältnißmäßigen Raume zwischen beiden Bahnen, müssen die oben angegebenen Zahlen verhältnißmäßig geändert werden.

Fig. 177 zeigt die Lage zweier Bahnen **A B** und **C D** mit ihrer gegenseitigen Verbindung, oder die Hauptbahn **A B** mit der Ausweichung **a b c d**. Der Raum zwischen beiden Bahnen ist, wie schon früher erwähnt, um einen Fuß größer, als die Spurweite der Bahn selbst angenommen.

Für Ausweichestellen bei Hauptbahnen dürften nun folgende drei Methoden anwendbar sein.

Fig. 178 zeigt eine Ausweichung aus der Hauptbahn **A B** in der Richtung zur Rechten', wobei **a b** und **c d** die Schienen der Uebergangsbahnen sind, und Fig. 179 giebt eine solche Ausweichung aus der Hauptbahn **A B**, von **B** kommend, nach Links hin, wobei wieder **a b** und **c d** die Schienen der Uebergangsbahn, **e f** und **g h** oder die der Hauptbahn sind.

Die einfachste Weise, den Uebergang aus der Hauptbahn in die Nebenbahn zu bewirken, ist in Folgendem, nach Fig. 178 dargestellt.

Die Schienen **e f** und **g h** der Hauptbahn, und **a b** und **c d** der Uebergangsbahn sind wie gewöhnlich befestigt. Die Entfernung der beiden Schienen **a b** und **e f**, sowie **g h** und **c d**, erstere bei **e a** und letztere **g c**, ist $1\frac{1}{2}''$, damit der Spurkranz der Wagen, wie, z. B., bei **a**, wenn er auf der geraden Linie der Hauptbahn **e f** fortlaufen soll, nicht gestört werde. Von der Hauptbahn **A B** sind die Schienen **i k** und **l m** in ihrer ganzen Länge von 15 Fuß durch die eisernen Querstangen **y** miteinander verbunden, und ihre Enden bei **k** und **m** mit denen der hier anstoßenden Schienen, wie gewöhnlich, in einem Stuhle befestigt. Jede der Schienen **i k**

und l m ruht auf einer, aus Einem Stücke bestehenden Unterlage α β von gegossenem Eisen, welche, wo möglich, die ganze Länge der Seitenschiene haben muß, auf der sich Letztere bewegen kann. Die an dieser Unterlage zu beiden Seiten angebrachten Schultern α β und α β bestimmen die größte mögliche Seitenbewegung der Schienen, vermittelst welcher die Enden i und l der Versetzschienen, und zwar i mit e oder a, und l mit g oder c in eine und dieselbe Linie gebracht werden können. Diese Unterlage wird möglichst solid auf Stein oder Holz befestigt.

In der vorliegenden Figur ist diese Leitzunge oder Versetzschiene nur mit einer Länge von 10 Fuß gezeichnet; indessen ist es vortheilhafter, dieselbe 12 bis 13 Fuß lang zu haben, namentlich um die Enden der anstoßenden Schienen n und o bequemer aufzunehmen. Die Enden i und I'' müssen über das letzte Verbindungsstück der Unterlage hinausragen, um ungestört mit den Schienenenden c oder a, und g oder e correspondiren zu können.

Vermöge der Elasticität der 15 Fuß langen Schienen i k und l m und der nach Außen hin verlängerten Querstange z und mittelst eines Hebels wird es möglich, das Schienenpaar i k und l m soweit seitwärts zu biegen, als für den obengenannten Zweck nöthig ist.

Das Ende der Querstange z läuft in ein ähnliches Behältniß aus, als in Fig. 180 A dargestellt ist. Daselbst befindet sich der Hebel i, welcher, indem er sich um den Punct c dreht, die in d befestigte Querstange b mitnimmt und so das Schienenpaar i k und l m nach sich zieht, eine Rückung, die dadurch noch erleichtert wird, daß dies Schienenpaar um die Puncte k und m beweglich ist.

Für den Fall, daß aus einer Hauptbahn Versetzschienen zu einer doppelten Ausweichung nach Rechts

und Links hinführten, so würde man die Anlage nach Fig. 181 machen müssen. In diesem Falle würden dann, statt zweier Schienen, wie in Fig. 178, deren drei vor der Versetzschiene liegen, und man würde, um aus dem Wechselpuncte der Hauptbahn in eine Ausweichung zur Rechten oder Linken zu gelangen, das Versetzschienenpaar a b und c d, das auf die vorbeschriebene Weise um b und d beweglich ist, so stellen müssen, daß die Versetzschiene a mit e, f oder g und die correspondirende Schiene c, im ersten Falle mit h, im zweiten mit i und im letzten mit k zusammentreffe. Die Schienen e l, f m, g n, h o, i p und k q sind wie gewöhnlich befestigt.

Eine andere Art, die Leitung eines Wagenzuges aus der Hauptbahn in eine Abweichungsbahn zu bewirken, ist in Fig. 182 und 183 dargestellt, und zwar gilt 182 für den in Fig. 178 gezeigten Fall, und 183 für den in Fig. 179. Fig. 182 und 183 sind Grundpläne und Fig. 180 A ist das Profil dieser Ausweichungsmethoden.

In Fig. 182 sind r r die Schienen der Hauptbahn, d die der Ausweichung, s die beweglichen Versetzschienen oder Zungen von geschmiedetem Eisen, correspondirend mit der Hauptbahn, a die solide Unterlage, in und auf welcher die beweglichen Versetzschienen oder Zungen sich bewegen, b die geschmiedeten Verbindungsstücke, von denen eins mit dem Hebel i, Fig. 180, A verbunden ist, um sie seitwärts zu schieben; p sind die Vereinigungspuncte der Schienen mit den Zungen, w das Gegengewicht, welches die Zungen stets in richtiger Lage für die Hauptbahn hält, F der eiserne Kasten, den Hebel und das Gewicht aufzunehmen, wenn die Zungen richtig für die Hauptbahn stehen, wo dann der Hebel die, durch die punctirte Linie gezeigte Stellung einnimmt. Das Profil der Schiene in Fig. 180 A zeigt die Lage

der einzelnen Theile, wenn der Hebel in der Richtung m steht. Die Anwendung der soeben beschriebenen Vorrichtung, wobei angenommen ist, daß die leeren Wagenzüge, von C kommend, stets durch die Ausweichung zu gehen haben, während die belasteten immer auf der Hauptbahn bleiben, bedarf für den genannten Fall keiner ferneren Erläuterung.

Für die von D herkommenden Züge muß die Ausweichung durch den Hebel i eingestellt werden, wie die punctirte Lage desselben in Fig. 180 A zeigt, um o nach q, und p scharf gegen t zu bringen, und dadurch die Schienen für die Richtung der Hauptbahn herzustellen. Die von D herkommenden Wagenzüge allein durch die Seitenpressung des Spurkranzes der linken Wagenräder gegen die spitz zulaufende Zunge s, sodann diese gegen die Schienen r d und so β gegen t, und folglich wegen der Verbindung derselben durch b mit der Schiene s in der Richtung von o mit q zusammenzubringen, ist, obgleich zulässig, doch nicht anzurathen.

In diesem Falle würde das Gewicht w die ursprüngliche Lage der Schiene von selbst wieder herstellen; doch ist die Einstellung mittelst des Hebels durch den, bei jeder Ausweichung dieser Art ohnehin erforderlichen, Bahnwärter immer vorzuziehen.

Fig. 180 A zeigt deutlich die Lage, um in Fig. 182 von C nach D und in Fig. 183 von M nach B zu gelangen. Durch das Gewicht w wird der Hebel i immer in derselben Richtung erhalten, wodurch die Schienen stets die Richtung der Hauptbahn, als die wichtigere, beibehalten. Um jede unberufene Verstellung der Versetzschienen zu verhüten, im Fall bei der Ausweichung kein Bahnwärter permanent angestellt werden sollte, wird es nöthig, den Hebel in einem Rahmen sich bewegen zu lassen, wie Fig. 180, B in einer obern Ansicht giebt. Dieser Rahmen hat

an dem Puncte, wo der Hebel festgestellt werden soll, die eisernen Bolzen m und o, und diese können an dem ihrem Kopfe entgegengesetzten Ende mit einem Vorlegeschlosse versehen und so jede Verrückung beseitigt werden.

Die Scheibe z, Fig. 180 A, dient zur deutlichen Erkennung der Schienen und der Bahn.

An Orten, wo die Anbringung eines Hebels unzulässig ist, wird die Anwendung eines eisernen Kastens, jedoch mit folgender innern Vorrichtung, empfehlungswürdig, siehe Fig. 184, wo b ebenfalls das von den Versetzschienen kommende Band ist. Dasselbe ist innerhalb des Kastens mittelst eines Scharniers mit dem Arme a verbunden, der durch ein Scharnier e und seinen Handgriff d die Verschiebung des Querstückes, entweder vermöge der Hand oder eines losen, eisernen Hebels, zuläßt.

Die mit a, an dessen Vereinigung mit b durch c verbundene Feder wird die Stelle des Gewichts vertreten.

Der Theil f, g, i des Kastens ist permanent durch eine Platte verschlossen, woran mittelst zweier Scharniere der zu Verschließung des Theiles k,r,i,f erforderliche Deckel befestigt ist.

Um das Auswärtsbiegen des Armes a zu verhindern und die äußersten Grenzen der nöthigen Seitenschiebung zu bestimmen, dient ein, den Arm a in seiner Dicke genau umfassender, Einschnitt in der Platte p q. Die Fig. 184 zeigt die Stellung dieses Ausweicheapparates, um, nach Fig. 177, aus der Bahn EC von E kommend, bei b rechts auszuweichen und bei a in die Bahn F A zu gelangen.

Die Stellung der Schienen in Fig. 183 ist daher für die von M herkommenden, dieselbe Richtung verfolgenden, also geradeausgehenden Wagen berechnet.

Obgleich die Ausweichungsvorrichtung von Fig. 182 und 183 auf die London-Greenwich-Bahn angewandt wurde, so ist sie in ihrer Zweckmäßigkeit doch der amerikanischen, in Fig. 178 und 179 abgebildeten, nachzustellen, da die letztere einfacher und solider ist. Die zugespitzte Zunge der ersteren nutzt sich leichter ab und verfehlt ihren Zweck, sobald sie sich nicht genau an die Hauptschiene anschließt, welche zu diesem Behufe einen kleinen Ausschnitt von der Stärke der Zunge hat, um diese genau aufnehmen zu können und für die abweichenden Wagen keinen Vorsprung zu erzeugen.

Eine andere, noch empfehlungswerthere Methode ist die in Fig. 185 vorgestellte, wo die Versetzschienen mit denen der Hauptbahn zugleich beweglich sind, wie **a b** und **c d** auf einer Seite und **e f** und **g h** auf der andern Seite. Diese vier Schienen, von mindestens 15 Fuß Länge, indem eine geringere Länge dem Zwecke nicht entsprechen würde, formiren also zwei Paare von Schienen, die nicht allein unter sich durch die gemeinschaftlichen Stühle, in denen sie ruhen und in welchen sie mittelst eiserner Keile eingelassen, sondeen auch noch durch besondere Querbolzen $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ zusammengehalten werden, außerdem aber auch noch in der ganzen Bahn unter einander durch geschmiedete Querstangen **w, v, x, u, z** verbunden sind und daher ein Ganzes bilden. Dieser ganze Körper läßt sich um die Enden **a, b, f, h** mittelst eines Hebels soviel bewegen, als nöthig ist, um **c** mit **i** und **e** mit **k** correspondirend zu machen, während für die gewöhnlichen Fälle die Enden **a** und **i** und **k** und **g** aufeinandertreffen; **i b**, **m k**, **p q** und **t u** sind die permanenten Schienen der geraden Linie, **n o** und **r s** aber die Anfangsschienen der, von **A** aus betrachtet, linksableitenden Bahn.

Die Stühle unter den Enden b d, f m, f i und k stehen fest auf der Unterlage und bilden unmittelbar außerhalb derselben, nach A zu, den Drehpunct, während die übrigen Stühle der Abweichungsbahn, auf eisernen Unterlagen ruhend, ein festes Fundament haben und sich auf diesem beide zugleich seitwärts schieben lassen.

Fig. 186, 187 und 188 zeigen einige von den Stühlen sammt den darauf befindlichen beiden Schienen im Profil, und zwar Fig. 186 die Endschienen von c und a, oder e und g, Fig. 187 den mittelsten Stuhl, wo die Entfernung der beiden Schienen von einander nur 1½ Zoll ist, um den Spurkranz bequem durchzulassen, und Fig. 188 den am entgegengesetzten Ende, welcher die acht Enden n, d, b, r, f, t und h der vier Schienenpaare umschließt und den eigentlichen Drehpunct bildet.

Alle diese Stühle schieben sich auf gegossenen Platten mit Schultern, welche die Grenzen der Seitenbewegung bestimmen, wie aus den Figuren ersichtlich ist, wo die Stellung der Schienen mit denen in Fig. 185 correspondirt. Wenn in letzterer durch die Seitenbewegung g mit k verbunden ist, wird in Fig. 186 a c an b d sich anschließen. Die Schultern b d und e f bestimmen die Grenzen der Seitenbewegung. Die Entfernung zwischen b und a ist gleich der zwischen c und a, und e und g in Fig. 185; Fig. 189 ist der Grundplan von Fig. 187.

Die Verschiebung der Versetzschienen wird auf folgende sehr sinnreiche Art bewerkstelligt: Die Verbindungsstange w, Fig. 185, endigt sich ungefähr 5 Fuß zur Seite der Bahn in einem horizontalen Rechtecke Fig. 190 B, von 16 Zoll Länge und 8 Zoll Breite und drückt dort mit ihrem sich ausbreitenden Ende u gegen den Ring m, in welchem sich ein

anderer excentrischer Ring p bewegt, dessen verticale Achse r oberhalb um 3 Fuß verlängert ist und mittelst eines Querarmes z und eines Griffes x, Fig. 190 A, gedreht werden kann.

Die Umdrehung des Ringes p wird nun so weit geschehen können, als nöthig ist, um den Punct a an e zu bringen, indem alsdann q die Stelle von b eingenommen und den Ring m, folglich auch das Stück u hinaus an e geschoben hat, welches dem Abstande der Schienen bei c, a und e, g, Fig. 185, gleich ist.

Die sämmtlichen Theile sind von geschmiedetem Eisen und durch den Deckel r, Fig. 190 A, bedeckt, um vor Unreinigkeit geschützt zu sein. Die weiß angestrichene, cirkelförmige Scheibe v, welche um einen Winkel von 90° beweglich ist, dient als Signal für den Dampfwagen-Maschinisten, woraus er erkennt, in welcher Richtung sich die Schienen befinden, wie schon bei Fig. 182 angedeutet wurde.

Der Zweck der Ausweichung muß allemal bestimmen, für welchen Theil der Bahn die Seitendrehung bewirkt werden soll.

In Fig. 179, z. B., würde die Maschine Fig. 190 bei M zu etabliren sein, weil die Schienen der geraden oder Hauptbahn keiner Verschiebung bedürfen, sondern die Anwendung derselben nur nöthig wird, um die Versetzschienen rechts hinüber an M, namentlich die Schiene c nach i, e nach k zu drücken, um die Wagenzüge auf der Bahn i, c, d, n, Fig. 185, fortzuführen, und nachdem sie ganz in die neue Bahnrichtung n o und r s eingetreten und diese beweglichen Schienen passirt sind, die Versetzschienen wieder links hinüber oder nach der Vorrichtung zu in ihre alte Lage zu führen und so die Passage wieder auf die Hauptbahn zu lenken.

Von den vielen angewendeten Methoden mögen nur noch folgende Erwähnung finden: Fig. 191 stellt zwei Bahnen und deren Verbindung mit einander vor. **a b, c d, e f, g h** sind die Schienen der beiden Bahnen **A** und **B, i k, l m, n o** und **p q** die Ausweichschienen, auf der einen Seite der Hauptdrehung **r s, t u, v w, x y** dieselben auf der andern Seite, wie die Figur deutlich zeigt; $\alpha\ \beta$ und $\gamma\ \delta$ aber sind ein paar Schienen, deren jede ein Theil einer der beiden Hauptbahnen ist. Dieselben sind unter sich auf die Länge von 6 Fuß durch die drei Querstangen **a'** verbunden und bilden so ein Ganzes, welches sich um seinen Mittelpunct bewegt und auf diese Weise die Verbindung zwischen allen correspondirenden Schienen herstellt. Der Raum zwischen den beiden nebeneinanderliegenden Bahnen muß auf der ganzen Länge dieser Vorrichtung der Spurweite der Hauptbahn gleich sein.

Zu der Bewegung dieses Rahmens gehört der Hebel **b c**, welcher mit demselben verbunden ist. Um ihn in der ihm gegebenen, mit einem Zuge der Bahn correspondirenden Richtung festzuhalten, können entweder die beiden Endequerstangen **a'** nach entgegengesetzter Richtung über **M** und **N** hinausgeführt und dort auf eine der bei Fig. 180 oder 181 beschriebenen Arten durch Hebel eingestellt werden, oder die Bewegung von **b c** geschieht mit dem Fuße und wird durch Bolzen, welche in ein darunter angebrachtes, auf einen Stein oder Holz befestigtes Eisen tief genug hineinreichen, festgehalten.

Die Einstellung der Schienenpaare **C, D, E** und **F** geschieht ganz nach Fig. 178. Da, wo die Schienen sich kreuzen, siehe Fig. 180, legt man häufig eine gegossene Form nach Fig. 192 und 193 (crossing plate) ein, deren aufrechtstehende Backen **m** und **n** das Ablaufen der Wagen auf diesen Stellen

verhindern. Fig. 192 zeigt den Grundriß, wo auf die gegossene Platte das Stück a, b, c, aus geschmiedetem Eisen bestehend, aufgeschraubt ist. Die Köpfe der Schrauben sind natürlich eingelassen; d, e, f und g sind die Enden der Schienen, welche zur bessern Verbindung noch mit auf der Platte ruhen. Fig. 193 zeigt das Profil dieser Platte, wo g eine Verstärkungsrippe bildet. Das Ganze ist solid auf Holz oder, noch besser, auf Stein befestigt.

Obgleich diese Methode häufige Anwendung findet, so ist es doch weit zweckmäßiger, die Schiene selbst nach Fig. 194 in der gehörigen Richtung zusammenzuschweißen und an die Seiten andere Schienenstücke, wie in p und q, zu befestigen, um den obenbeschriebenen Zweck zu erlangen.

Bei sehr unbedeutenden Zweigbahnen läßt man geschmiedete Zungen von etwa 3 Fuß Länge auf Holz befestigen, die man mit dem Fuße in die gewünschte Lage bringt, um ihren Zweck zu erfüllen. In den Kreuzungen legt man in diesem Fall entweder ein gegossenes kleines Vereinigungsstück ohne Backe an, oder schweißt auch bloß die Schienen zusammen, sobald sie nicht gewöhnliche Flachschienen sind.

Drehscheiben.

Unter Drehscheibe, in Bezug auf Eisenbahnen, versteht man im Allgemeinen eine horizontale, kreisförmige Scheibe von Holz oder Eisen, welche sich um ihren Mittelpunct drehen läßt.

Auf dieser Scheibe sind Schienen befestigt, die in der Spurweite mit denjenigeu Theilen der Bahn correspondiren, für welche sie benutzt werden sollen.

Sie vertreten gewissermaßen die Stelle der Ausweichungen und finden ihre Anwendung bei sehr beschränkten Räumen, gewöhnlich nur auf den Sta-

tionsplätzen und in Gebäuden, um unter einem beliebigen Winkel aus irgend einer Bahn in die andere darauf treffende zu gelangen. Wollte man für die Ausweichstellen bei Hauptbahnen dergleichen Drehscheiben anwenden, so würden sie den schnellen Lauf der Wagen hemmen und die Passage unsicher machen. Der Durchmesser der Drehscheiben richtet sich allemal nach der Länge der darauf zu versetzenden Fahrzeuge, da es nöthig ist, daß ein solches, während des Umlaufes der Scheibe, ganz auf derselben steht.

Für Dampfwagen von R. Stephenson und Comp. in England müssen die Drehscheiben mindestens 12 Fuß, und wenn der Munitionswagen zugleich mit der Lacomotive fortbewegt werden soll, 24 Fuß im Durchmesser haben. Amerikanische Dampfwagen von W. Norris erfordern im ersten Falle nur 11 und im letzten 22 Fuß. Amerikanische Personen- und Frachtwagen, auf 8 Rädern ruhend, erfordern Scheiben von 24—30 Fuß, gewöhnliche Personen- und Frachtwagen mit vier Rädern aber Scheiben von nur 11 Fuß Durchmesser.

Eine allen Zwecken entsprechende Construction solcher Drehscheiben stellt Fig. 195 vor, während Fig. 196 deren nützliche Anwendung im Allgemeinen zeigt. In letztgenannter Figur sind **a, b, n, o,** und **c, d, p, q** die Schienen der Hauptbahn, aus welcher man mittelst der auf der Scheibe befestigten Schiene **b, n, d, f, i** und **k, l** in die Bahnen **i k l m, r s t u, v w x y z** und $\alpha \zeta \gamma \beta$ gelangen kann. Die auf der Scheibe punctirten Linien werden erklären, wie man durch die Umdrehung der Scheibe allein zum Zwecke gelangen kann. Ist, z. B., ein auf den Schienen **b, n** und **d, p** stehender Wagen auf die Bahn $\beta \gamma \zeta \alpha$ zu bringen, so ist die Scheibe so weit zu drehen,

bis b an γ und d an α tritt, wodurch b n in die Verlängerung von β und d p in die Verlängerung von α ζ fällt. Wird die Scheibe dann in dieser zuletzt angenommenen Lage festgehalten, wie dies später gezeigt werden soll, so kann der Wagen ohne Weiteres auf der Bahn β γ ζ α fortbewegt werden. Dies Festhalten wird nach Fig 195 mittelst der Klammer a bewirkt, welche in Fig. 197 im Profil gezeichnet ist. Bei b ist diese Klammer im Scharnier auf und ab beweglich und hat am entgegengesetzten Ende einen Ansatz c, welcher während der Drehung der Scheibe auf dem Ringstücke d so lange fortschleift, bis er den passenden Einschnitt erreicht, sich in denselben feststellt und die Fortbewegung der Scheibe hindert. Diese Stellung der Drehscheibe wird daher von dem Zusammentreffen der auf der Scheibe befindlichen Bahn mit der außerhalb liegenden bedingt.

Die Zahl der anzulegenden Ringstücke d hängt von den durch die Scheibe miteinander zu verbindenden Bahnen ab, da für jede Bahn deren zwei nöthig werden, um die Stellung der Scheibe unverrückbar zu machen, und zwei Krampen α hierzu hinreichend sind. Eine andere Gestalt solcher Krampen ist aus Fig. 197 zur Rechten ersichtlich.

Der eigentliche Körper der Drehscheibe besteht aus dem auf Stein oder Holz solid befestigten Centrumstücke a, Fig. 198, welches in Fig. 199 im Grundrisse dargestellt ist. In dessen Mitte, auf der Schulter b, ruht ein Ring, von welchem 12 eiserne Arme ausgehen, die ihre Endbefestigungen in den eisernen Reifen d und e haben und gleichzeitig die Achsen von 12 Rädern, deren jedes 6 Zoll im Durchmesser hat, bilden.

Die letztgenannten Räder laufen auf einer kreisförmigen Schiene **m**, Fig. 200, welche durch 12 Stühle **g** getragen wird, die auf einer sehr soliden Unterlage ruhen. Der Mittelstuhl **a**, Fig. 198, nimmt in seiner runden Oeffnung im Centrum den Cylinder **h** auf, und dieser trägt, vermittelst seines Ansatzes bei **i**, die hölzerne Plattform, welche die Decke der Scheibe bildet, durch den eisernen Ring **l** zusammengehalten wird und die Schiene **k**, Fig. 200, trägt. Unter der Plattform ist ein Ring **x**, Fig. 198 und 200 befestigt, welcher auf den 12 kleinen Rädern ruht. Die Umdrehung geschieht daher mittelst des Centrumstückes **h** und wird durch die 12 Rollen erleichtert.

Der diese Maschine aufnehmende Raum muß entweder ausgemauert oder doch mindestens mit Holz bekleidet werdet, um die Maschinentheile frei von Erde oder Schmuz zu erhalten. Fig. 201 stellt die ganze Scheibe im Profile dar.

Signale.

Die häufigen Unglücksfälle auf Eisenbahnen haben zum großen Theil ihren Grund darin, daß der Dampfwagen-Ingenieur nicht frühe genug von der ihm drohenden Gefahr in Kenntniß gesetzt wurde. Es würde daher zweckmäßig sein, an den höchsten oder sonst besonders ausgezeichneten Plätzen Stangen oder Masten von 60 bis 70 Fuß Höhe zu errichen, und an diesen Flaggen von verschiedener Farbe aufzuziehen, welches durch die Bahnwärter geschehen könnte.

Auf diese Weise kann Alles, was auf der Bahn vorgeht, selbst auf große Entfernungen, in sehr kurzer Zeit bis zum nächsten Stationsorte telegraphirt werden. Eine tragbare Stange der Art sollte zur Hand sein, um sie bei schadhaften Stellen auffetzen zu können.

In der Nacht können diese Signale durch Lampen, deren helles Licht durch Gläser von verschiedenen Farben verändert wird, und bei sehr nebligem Wetter durch Glocken gegeben werden.

Abtheilungszeichen.

Zur besseren Controle und größeren Regelmäßigkeit des Dienstes auf der Bahn, endlich aber auch zur Annehmlichkeit der Reisenden, sollen die Längenmaße der Bahn von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Meile durch Steine oder Pfähle, die auf dem Parquet der Bahn etablirt werden, und an denen mit Oelfarbe die Entfernungen bemerkt, angezeigt werden.

Neuerlich sind auf den meisten Bahnen elektrische Telegraphen angebracht, wegen deren wir auf Band **CLXXV** des Schauplatzes verweisen müssen.

Einfriedigung der Bahn.

Obschon es allgemein anerkannt ist, daß es bei der großen Geschwindigkeit der Wagen auf den Bahnen zweckmäßig, für die Benutzung derselben sowohl, als für die Sicherheit des Publicums, ist, dieselbe soviel, als möglich, dem Zutritte von Menschen und Vieh zu entziehen, so hat dies in Amerika aus mehrfachen Gründen nicht so ernstlich befolgt werden können, hauptsächlich, weil die Masse von Bahnen, namentlich in den Gebirgsgegenden, zu groß ist, und weil die Nationalität des Amerikaners, der Alles sehen und kennen lernen will und sich deßhalb gern frei bewegt, es weniger zuließ. Die Gesetze darüber sind indeß verschieden in den verschiedenen Staaten, am Strengsten in Massachusetts. In England sind die betreffenden Gesetze noch strenger, weßhalb es dort leichter ist, jede Verunreinigung oder muthwilligen Verderb der Bahn, wodurch die Sicherheit des Trans-

ports gefährdet werden könnte, zu verhüten. Die außerdem Statt findende strenge und unausgesetzte Bewachung der ganzen Bahn ersetzt noch, was die Umgehung selbst der strengsten Gesetze mangelhaft läßt.

In der Nähe von bewohnten Orten, großen Städten und Kreuzungen mit öffentlichen Landstraßen wird ein vollkommener Abschluß der Bahn um so wesentlicher, jemehr dieselbe hier der Gefahr, betreten zu werden, ausgesetzt ist. Die die Bahn kreuzenden Wege sind von der Bahnlinie durch doppelte Barrièren — Drehthor — geschieden, welche sich immer nach der Landstraße hin öffnen müssen, um durch dieselben die Bahn auf beiden Seiten vom Wege geschlossen zu haben.

Das Oeffnen und Schließen dieser Thore muß durch besondere Bahnwärter geschehen, die dann gleichzeitig diesen Theil der Bahn rein zu halten haben. Bei Feldwegen wendet man eigene Barrièren an, die von den Führern der diese Feldwege passirenden Wagen geöffnet werden und sich dann von selbst wieder schließen. Die allgemeine Absonderung der Bahn geschieht meist durch die tiefen Einschnitte oder höhere Auffüllung, sonst durch lebende Hecken, Mauern oder Zäune.

Drittes Capitel.

Von dem Canalbau.

Canäle sind künstliche Wasserleitungen für die Schifffahrt im Lande, für die Besorgung der Städte mit Wasser, für die Trockenlegung, für Bewässerung.

Schiffbare Canäle werden in zwei Classen getheilt: 1) welche auf ihre ganze Länge in gleicher Höhe liegen, wie die in niedrigliegenden Gegenden; 2) Canäle, welche zwei Puncte von verschiedener Höhe verbinden. Diese Art der Canäle findet man in hügeligem Lande, wo man die ganze Strecke in verschiedene von gleicher Höhe eintheilen muß, welche dann durch künstliche Mittel mit einander verbunden werden. Liegen die zu verbindenden Puncte auf beiden Seiten einer Terrainerhebung, so heißt der höchste Punct, welchen der Canal erreicht, der Theilungspunct.

Erste Classe. Die Bestimmung der Achse eines Canals in einer Ebene ist sehr einfach; es geschieht auf dieselbe Weise, wie bei den Straßen. Diese Achse soll gerade gehen; muß man die Linie brechen, so müssen die beiden Richtungen durch einen Bogen verbunden werden, der groß genug ist, um den Durchgang der Boote mit unverminderter Geschwindigkeit zu gestatten.

Der Querschnitt dieser Canäle, Fig. 202 *), giebt gewöhnlich dem Wasserwege eine Trapezform mit einem

---

*) Fig. 202 Querschnitt eines horizontalen Canals:
A. Wasserweg.
B. Leinpfad.
C. Berme, Vorsprung.
D. Seitengraben.
E. Füllung von Thon und Sand.

Damme auf jeder Seite, welcher über das Terrain hervorsteht und von der Ausgrabung für den Wasserweg genommen wird. Der Wasserspiegel ist gewöhnlich über der natürlichen Bodenhöhe, weßhalb man dem Damme hinreichende Dicke geben muß, um dem Durchsickern des Wassers und dem Wasserdrucke zu widerstehen. Diese Anordnung ist sparsam, weil man die Erdarbeit so einrichten kann, daß der ganze Abtrag zu dem Damme verwendet wird, allein sie setzt die Umgebung bei Dammbrüchen Ueberschwemmungen aus.

Die Verhältnisse des Querschnittes können mit den Modificationen, welche der einzelne Fall erfordert, wie folgt, festgestellt werden.

Die Breite des Wasserwegs am Boden soll wenigstens zweimal so groß sein, als die Breite der Boote, welche den Canal befahren, so daß zwei Boote sich ausweichen können.

Die Tiefe des Wasserweges soll wenigstens 0,45 Meter größer sein, als die Wassertracht der Boote, um deren Gang zu erleichtern, was besonders nothwendig ist, wenn Wasserpflanzen am Boden wachsen. Die Seiten sollen in dichtem Grunde wenigstens eine anderthalbfüßige Böschung erhalten; in schlechterem Grunde muß diese größer sein.

Die obere Dicke des Dammes wird selten nach dem Wasserdrucke bestimmt, der unbedeutend ist; man sucht vielmehr durch die Dicke des Dammes dem Durchsickern des Wassers entgegenzuwirken, das, wenn es begonnen, sehr bald den Ruin des Dammes herbeiführt. Eine Breite von 1,2 bis 1,8 Meter oben, mit der gehörigen Böschung bis zur Wasserfläche, wird in den meisten Fällen hinreichend sein.

Ein Weg für die Pferde, welche die Boote ziehen, Ziehweg oder Leinpfad auf dem einen und ein Fußweg, der ausnahmsweise als Leinpfad dienen

kann, geben den Dämmen einen Ueberfluß an Stärke.

Der Leinpfad soll 3—3,7 Meter breit sein, damit die Pferde gut nebeneinander durchkönnen, der Fußweg soll wenigstens 1,8 Met. breit sein. Diese Wege sollen nicht unter 0,6 Meter über dem Wasspiegel liegen, um das Auswaschen durch den Wellenschlag zu vermeiden; ihre Höhe darf nicht über den Wasserspiegel über 1,4 Meter steigen, um den Pferden das Ziehen nicht zu sehr zu erschweren. Die Oberfläche des Leinpfades soll schwach auswärts geneigt sein, um den Pferden, die auswärts ziehen, mehr Halt zu geben und das Regenwasser abzuleiten.

Die Seitenböschungen des Dammes ändern sich mit der Natur des Grundes; gegen den Wasserweg hin wird die Böschung selten kleiner, als zweifüßig (2 Basis 1 Höhe) sein dürfen; auswärts kann man sie kleiner annehmen. Die innere Seitenwand hat gewöhnlich einen Absatz, eine Bank, Berme von 0,3 bis 0,6 Breite und ungefähr 0,3 Meter über dem Wasserspiegel zwischen der Böschung des Wasserwegs und dem Fuße des Dammes. Diese Bank dient zum Schutze des obern Theils der innern Böschung und wird zuweilen mit solchen Büschen bepflanzt, welche an wasserreichen Orten üppig wachsen, und welche durch ihre Wurzeln dem Damme mehr Festigkeit geben. Die Seitenböschungen sind besser durch eine Bekleidung mit trockenen Steinen beschützt. Auch Binsenpflanzen hat man zweckmäßig hierzu verwendet; sind sie am Fuße der Böschung gepflanzt, so brechen sie die Wellen und schützen so die Wand gegen Wellenschlag.

Die Erde des Dammes soll gut bindend sein, frei von vegetabilischer Erde und allen Pflanzentheilen, wie Wurzeln u. dergl. Bei'm Dämmen muß die vegetabilische Erde sorgfältig von der Oberfläche

abgehoben werden, und der Damm in Schichten von 0,25 bis 0 3 Met. Dicke aufgetragen und jedesmal gut eingestampft werden. — Wenn die Art der Erde nicht genügende Sicherheit gegen das Durchsickern des Wassers giebt, so wird in das Innere des Dammes eine Füllung von Letten oder feinem Sande von 0,6 bis 0,9 Meter Dicke gebracht, welche 0,3 Met. unter die natürliche Oberfläche hinabreicht. Sand wird auch zum Verstopfen der Löcher gebraucht, welche in der Nähe des Wassers von Insecten, Mäusen und Ratten gemacht werden.

Nach Außen bringt man auf jeder Seite des Canals Gräben an, um die Dämme trocken zu halten.

Zweite Classe. Hier sind zu unterscheiden die Canäle, welche ihrer ganzen Länge nach in einem Thale liegen und die, welche einen Theilungspunct haben.

Lage. Bei'm Ausstecken eines Canals in einem Thale soll die Richtungslinie so gerade, als möglich, sein. Wegen der verschiedenen Höhe werden übrigens die Richtungslinien, weil der Canal an einen der Thalabhänge zu liegen kommt, nahe mit den Horizontallinien an der natürlichen Oberfläche zusammenfallen, in welchen diese von der Ebene der Wasserfläche geschnitten wird; die Abweichungen von dieser Linie ergeben sich durch die Betrachtung der Einschnitte und Auffüllungen und die Vortheile, welche die einen über die andern durch Verminderung des Wasserverlustes und die Wohlfeilheit des Baues darbieten.

Bei der Wahl des Abhanges, an welchem der Canal hingeführt werden soll, wird der Ingenieur durch die Vergleichung der Kosten geleitet, welche von der Größe der Erdarbeiten, der Mauerung für Dohlen, Stützmauern u. dergl. und der wasserhaltenden Art der Erde abhängen. Sind alle andern Umstände gleich, so ist die Seite die vorheilhafteste, auf welcher

die wenigsten Seitenbäche vorkommen. Es kann aber nothwendig sein, den Canal mit dem Wasser dieser Seitenbäche zu speisen; in diesem Falle muß man den Canal auf die Seite dieser Zuflüsse bringen.

Bei'm Uebergang über ein Seitenthal wird der Ingenieur, wie bei jeder Verbindungslinie, überlegen, ob es besser sei, der natürlichen Oberfläche zu folgen, oder einen Damm, oder eine Brücke über das Thal zu bauen.

Querschnitt. Die Wände bei Ausgrabungen und bei Ausfüllungen, besonders bei den letzten, erfordern viele Sorgfalt, weil jede Kluft, welche gleich vom Anfang oder erst später durch das Setzen entsteht, den Bau zerstören kann. Meistens genügt eine Schicht von guter bindender Erde von ungefähr 1,2 Meter Dicke, welche den Wasserweg überall umgiebt und gut eingestampft ist; sie verlangt einen festen Untergrund, der sich nicht mehr setzt. Um Löcher in Canälen zu verstopfen, hat man mit Erfolg feinen Sand angewendet. Der Sand wird hiezu in kleinen Quantitäten auf einmal auf das Wasser gestreut, wo er dann nach und nach die Ausläße am Boden und den Seiten ausfüllt. Aber weder dieses Mittel, noch die abgestampfte Erde hat überall vollständigen Erfolg gehabt, besonders dann nicht, wenn der Untergrund aus Felsstücken besteht, welche große Fugen zu Durchlassen darbieten, oder wenn er von mergeliger Natur ist. In solchen Fällen muß man den Canal mit Steinen in hydraulischem Mörtel auskleiden. Eine solche Bekleidung (Fig. 203) *) wird sowohl

*) Fig. 203 Querschnitt eines Canals mit einer Mauerauskleidung:

A. Wasserweg.
B. Leinpfade.
D. Damm.
a. Mauerbekleidung.

am Boden, als an den Seitenwänden aus flachen Steinen, ungefähr 0,1 Meter dick, gebildet, welche man auf ein Bett von hydraulischem Mörtel von 2 bis 3 Centimeter Dicke legt und mit einer gleichen Schichte bedeckt, so daß die ganze Dicke der Bekleidung ungefähr 15 Centimeter beträgt. Diese Bekleidung wird dann am Boden und an den Seitenwänden mit einer wenigstens 0,9 Meter dicken Schicht guter Erde überdeckt, um sie vor dem Stoße der Schiffe zu bewahren.

Bei tiefen Einschnitten muß der Querschnitt des Canals und der Leinpfade, wie bei den Canälen der ersten Classe, angeordnet werden (Fig. 204) *); ist aber der Einschnitt sehr tief, so wird empfohlen, die Dimensionen auf den Durchgang eines einzelnen Bootes zu reduciren. Hiernach werden einige Kosten erspart; allein diese Ersparniß ist im Allgemeinen von einer zu kleinlichen Art, um den Hindernissen der Schifffahrt, besonders bei lebhaftem Verkehre, die Wage zu halten.

Vertheilungspunct. Dieser muß an der tiefsten Stelle in der Erhebung zwischen beiden Canalenden gesucht werden, um erstlich die Schiffe nicht zu hoch heben zu müssen, und um zweitens Wasser in diesem höchsten Punct des Canals zu erhalten. Bei der Wahl dieses Punctes wird der Ingenieur die schon früher bei den Straßen aufgestellten Betrachtungen zu Rathe ziehen.

Speisung mit Wasser. Die Wassermenge, welche ein Canal mit Theilungspunct erfordert, kann in zwei Theile gebracht werden; das was am Theilungspuncte zufließen muß, um das dort liegende Canalstück und die von dort ihr Wasser erhalten, zu

---

*) Fig. 204 Querschnitt eines Canals in einem tiefen Einschnitt. E. Seitenböschung des Einschnittes.

füllen, und zweitens das Wasser, welches für die tieferliegenden Canalstücke erfordert und durch andere Quellen geliefert wird.

Das Wasser, was in dem höchsten Canalstücke gesammelt wird, kann wieder in verschiedene Theile gebracht werden: 1) Die Wassermenge, welche dieses Canalstück und die von ihm zu speisenden füllt; 2) die Wassermenge, welche zum Ersatze für zufällige Verluste bestimmt ist, wie bei Dammbrüchen und Entleerungen für Ausbesserungen; 3) die Wassermenge zum Ersatze der Verdünstung des durch den Boden und die Thore durchgesickerten Wassers; 4) die Wassermenge für die Schifffahrt bei'm Uebergang eines Bootes aus einem Canalstück, einer Haltung in die andere. Bei dem Mangel hinreichender Erfahrungen kann man den Aufwand für diese einzelnen Puncte nicht so genau angeben, daß der Ingenieur scharfe Rechnungen führen kann.

Die Wassermenge, welche zur Füllung der obersten Haltung und der daraus zu füllenden erforderlich ist, kann aus der Größe dieser Canalstücke leicht berechnet werden, bis auf die Wassermenge, welche der Boden verschluckt, deren Größe von der Natur des Bodens abhängt.

Der Ersatz für zufällige Verluste ist nicht bestimmbar.

Um den Verlust durch Verdünstung zu berechnen, muß man diese und die Regenmenge an dem Orte des Canals beobachten und ihre Differenz nehmen, diese Differenz giebt diesen Verlust.

Der Verlust durch den Boden hängt von dessen Beschaffenheit ab und ändert sich mit der Zeit; er nimmt nach und nach ab und ist bei alten Canälen nur unbedeutend. Bei gewöhnlichem Boden kann man ungefähr 5 Centimeter Tiefe in 24 Stunden annehmen, wenn der Canal erst kurze Zeit geöffnet ist. Der Verlust durch die Thore hängt von der

Genauigkeit der Arbeit ab. Nach Versuchen von Fisk am Chesapeak- und Ohio-Canal ist der Verlust durch die Thore der höchsten Haltung, welche 30 Meter lang, 4,6 Meter weit und 2,4 Meter tief ist, im Tage 12 Schleußenkammern voll oder in der Minute ungefähr 1,7 Cubikmeter. Der monatliche Verlust in diesem Canale durch Verdünstung und Durchsickern ist ungefähr zweimal die Wassermasse, welche der Canal enthält. Nach den Versuchen von Jervis am Erie-Canal ist der ganze Verlust durch Verdünstung, Durchsickern und die Schleußenthore in der Minute 1,8 Kubikmeter für je 1000 Meter Länge.

Bei der Bestimmung der Wassermenge, welche man zum Uebergang eines Bootes von einem Niveau zum andern bedarf, muß man zwei Fälle unterscheiden: 1) Wenn nur eine Kammerschleuße zwischen beiden Haltungen, und 2) wenn mehre zusammenhängende Schleußen, gekuppelte Schleußen, vorhanden sind.

Eine Kammerschleuße ist ein kleines Bassin, gerade weit genug, um ein Boot aufzunehmen, in welchem das Wasser gewöhnlich auf den Seiten durch zwei verticale Mauern eingeschlossen ist und an den Enden durch Schleußenthore, welche geöffnet und geschlossen werden können, um das Boot durchgehen zu lassen und das Wasser mit dem höheren Wasserspiegel von dem niedern zu trennen, wie auch von der Schleußenkammer, wenn das Schiff in ihr ist. Um ein Boot durchgehen zu lassen, von der untern Haltung, z. B., zu der obern, werden die untern Thore geöffnet und das Boot tritt in die Schleuße, worauf die untern Thore geschlossen werden. Nun läßt man durch die obern Thore Wasser in die Kammer treten, was durch Schützen geschieht, füllt diese bis zum obern Spiegel, wobei sich das Schiff bis zu

diesem hebt. Nun werden die obern Thore geöffnet und das Boot tritt in die obere Haltung. Soll das Schiff von oben herabsteigen, so wird die Kammer erst gefüllt, die obern Thore geöffnet, das Schiff tritt in die Kammer; man schließt die obern Thore, zieht die Schützen der untern Thore, wodurch das Wasser aus der Kammer abfließt, und öffnet zuletzt die untern Schleußenthore.

Bei beiden Operationen muß jedesmal die Schleuße bis zum Wasserspiegel in der obern Haltung gefüllt werden, und dieses Wasser fließt dann in die untere Haltung. Diese Wassermenge heißt die Füllmasse der Schleuße.

Steigt ein Boot von der niedersten Haltung, welche vom Theilungspuncte gespeis't wird, aufwärts, so bedarf es zum Durchgang durch die nächste Schleuße einer Füllmasse; ebenso bei jeder nächsten eine, bis das Boot den Theilungspunct erreicht, von welchem also nur eine Füllmasse hierbei durch alle Schleußen abwärts geführt wurde. Steigt das Boot auf der andern Seite wieder abwärts, so wird auch hierzu eine Füllmasse vom Theilungspunct weggeführt. Zum Uebergange eines Bootes über den Theilungspunct muß also dieser zwei Füllmassen Wasser liefern. Dieses Boot läßt auf der Seite, wo es aufwärts gestiegen ist, alle Kammern gefüllt, auf der andern Seite sind alle Kammern leer. Ueberschreitet nun ein Boot den Canal in der entgegengesetzten Richtung, so wird es aufwärts wie das erste Mal eine Füllmasse von dem Theilungspuncte abführen; abwärts wird es aber mit Hülfe der gefüllten Kammern ohne weitern Wasserzufluß von dem Theilungspuncte herabsteigen können. Wechseln also die Boote regelmäßig, so braucht jedes nur eine Füllmasse Wasser von dem Theilungspuncte. Eine solche Regelmäßigkeit in der Benutzung des Canals wird aber nur

selten zu erreichen sein, weßhalb man für jedes Boot zwei Füllmassen in Anschlag bringen muß.

Bei Berechnung der Wassermasse für gekuppelte Schleußen kommt noch die Flottmasse in Betracht. Dieß ist die Wassermasse, welche, nachdem die Füllmasse aus der Kammer gelassen ist, noch hinreicht, das Schiff flott zu erhalten.

Bei gekuppelten Schleußen geht entweder die Füllmasse nebst der Flottmasse aus einer Kammer in die andere, oder es bleibt die Flottmasse immer in jeder Kammer; darnach kann man die Wassermasse für den Durchgang eines Schiffs unter allen Umständen berechnen. Für die Ausführung muß man die ungünstigsten Fälle im Auge behalten, wohin bei gekuppelten Schleußen das Gegeneinanderfahren zweier Schiffe gehört. Man braucht im Allgemeinen bei diesen Schleußen viel mehr Wasser, als bei den ersten.

Leitgräben und Wasserbehälter. Ist die nothwendige Wassermenge, welche vom Theilungspuncte dem Canal zufließen soll, bestimmt, so muß der Ingenieur Quellen aufsuchen, welche diese Wassermenge liefern. Hierzu wird die Gegend untersucht und dabei eine genaue Aufnahme aller möglicherweise dem Canal zuzuführenden Wasserwege nebst dem Gefälle bis zum Canal gemacht, wobei man zugleich die Wassermenge mißt, welche jeder dieser Wasserwege liefert, was in der trockensten Jahreszeit geschehen muß.

Die gewöhnliche Art, das Wasser der Quellen zu sammeln und dem Theilungspuncte zuzuführen, ist die durch Leitgräben und Wasserbehälter. Die Leitgräben sind kleine Canäle, die man an der Oberfläche des Erdreichs mit einem hinreichenden Gefälle führt, damit das Wasser der Quelle durch sie geleitet werden kann. Der Querschnitt und das Gefälle dieser Canäle bestimmen sich nach den Formeln der Hy-

draulik (siehe unter Anderem „Vademecum für den practischen Ingenieur und Baumeister ꝛc. Stuttgart bei J. B. Müller, S. 23 u. f.). Bei diesen Leitgräben bringt man, wie bei gewöhnlichen Canälen, Vorrichtungen an, um einen Theil oder alles Wasser ablaufen zu lassen, sogenannte Leerläufe.

Nur eine kleine Menge Wasser, das in den Leitgraben tritt, kommt wirklich in den Canal, weil hier der Verlust an Wasser aus verschiedenen Ursachen viel größer ist, als dort. So geht aus Beobachtungen an den Leitgräben des Briarecanals hervor. daß dieser nur den vierten Theil des ihm zufließenden Wassers in den Canal bringt, und daß der jährliche Verlust der zwei Leitgräben den hundertfachen Inhalt der Gräben übersteigt.

Ein Wasserbehälter soll für den Bedarf Wasser ansammeln. Gewöhnlich wird ein solcher in einem tiefen und engen Thale angelegt, welcher über dem Theilungspuncte liegt, indem man einen Erddamm oder einen gemauerten Wall quer vor den Ausgang des Thales stellt. Man sucht hierbei das größte Volum Wasser mit der kleinsten verdünstenden Oberfläche und den wenigsten Baukosten zu sammeln.

Im Allgemeinen nimmt man an, es sei das Beste, zwei Wasserbehälter zu haben, den größeren für die eigentliche Ansammlung des Wassers, den anderen, den Theilungsbehälter, für die Speisung des Canals. Ist aber die oberste Haltung selbst sehr geräumig, so kann sie selbst als Vertheilungsbehälter dienen.

Das Verhältniß zwischen der Regenmenge auf einer gegebenen Fläche und der Wassermenge, welche von ihr zur Speisung eines Canals gesammelt werden kann, ist sehr verschieden nach der Jahreszeit, der geographischen Lage des Orts, der Gestalt der Erdoberfläche an diesem Orte u. a. m. Die Regen-

menge ist am größten in höheren Breiten und im Winter und Frühjahr; eine holzreiche Gegend mit schmalen und tiefen Thälern liefert mehr Wasser, als eine offene flache Gegend. Beobachtungen hat man nur wenige hierher gehörende. Nach einigen, die am Chenangocanal, im Staate New-York angestellt wurden, scheint es, daß in dieser Gegend nur auf $\frac{2}{5}$ der Regenmenge für die Speisung des Wasserbehälters gerechnet werden kann. In der Regel nehmen die Ingenieure nur $\frac{1}{3}$ an.

Der Verlust an Wasser durch Verdunsten, Durchsickern ꝛc. bei Behältern hängt von der Größe und Lage der Oberfläche und von der Natur des Bodens ab. Nach Beobachtungen in England und Frankreich an alten Behältern beträgt dieser Verlust täglich etwa 1 Centimeter in der Tiefe.

Die Dämme oder Deiche der Wasserbehälter sind verschiedenartig erbaut worden; manche sind ganz von Erde (Fig. 205 Querschnitt eines Dammes mit drei Auslaßdohlen).

A der Dammkörper,

B das Wasser,

a, a, a Ausläffe mit Spitzen, welche zu dem verticalen Schachte b führen,

c, c, c Fugen in den Seitenmauern, welche den Eingang zu den Dohlen bilden.

d Damm von Bohlen, welcher den untersten Dohlen immer voll Wasser erhält,

e Brustmauer an der Krone des Dammes; andere ganz gemauert, andere bestehen aus Erde, die zwischen mehren parallelen Mauern eingestampft ist. Jetzt hält man den Verbrauch entweder der Erde oder der Mauern allein für das Beste.

Erddämme müssen mit äußerster Sorgfalt aus sehr gut bindender Erde angelegt werden, die man zuvor sorgfältig von allen Körpern gereinigt hat,

welche eine Durchsickerung veranlassen können. Ein breiter Graben wird bis auf den festen Grund ausgehoben, um die Sohle des Dammes aufzunehmen; die Erde wird sorgfältig ausgebreitet und in Schichten eingestoßen, die nicht über 0,3 Meter dick sind. Als weitere Vorsicht bringt man zuweilen in die Mitte des Dammkörpers eine Füllung vom besten Thon an, welche von der Krone bis etwa 1 Meter unter den Fuß des Dammes reicht. Der Damm kann an der Krone 4, 5 bis 6 Meter dick sein. Die Böschung einwärts auf der Wasserseite soll drei bis sechsfüßig sein; die Hinterböschung nach Außen wird nur wenig größer, als die natürliche Böschung der Erde.

Die Vorderböschung wird, soweit sie vom Wasser benetzt ist, gewöhnlich gepflastert, um die Wirkung der Wellen aufzuheben. Diese Art der Bekleidung widersteht aber der Wirkung des Wassers, wenn dieß durch Stürme bewegt wird, nicht hinreichend. Bei einigen neueren in Frankreich erbauten Deichen hat man diese Trockenmauer durch eine mit hydraulischem Mörtel ersetzt. Dabei hat man eine Reihe von niedrigen Mauern staffelweise übereinander gesetzt, nach der Böschung des Dammes, wobei der Zwischenraum zwischen dem obern Ende der einen Mauer und dem Fuße der nächsten mit Platten in Mörtel belegt wurde. Die Mauern sind 1,5 bis 1,8 Meter hoch; sie sind staffelförmig aufgeführt, auf der Rückseite vertical oder sich rückwärts lehnend. Die Mauern stehen 0,6 bis 0,9 Meter auseinander.

Fig. 206 zeigt einen Damm, dessen Vorderseite durch niedere Mauern in Staffeln geschützt ist.

A Körper des Dammes.

a, a, a niedere Mauern, deren Vorderseiten staffelförmig sind.

b, b Staffelflächen zwischen den Mauern, mit platten Steinen in Mörtel belegt.

c Krone des Dammes, wie die Staffeln bekleidet.

d Brustmauer.

Ein gewölbter Dohlen oder eine weite eiserne Röhre, an einem passenden Orte des Dammbodens angebracht, dient zum Entleeren des Wassers oder zur Speisung des Canals; dieser Ausfluß kann mit Hülfe einer Schütze geschlossen oder geöffnet werden.

Dieser Dohlen muß stark erbaut und die Erde ringsum gut eingerammt werden; er muß weit genug sein, daß ein Mann leicht in denselben gelangen kann. Die Schütze kann bei'm Eingange oder einem Zwischenpuncte angebracht sein. Sie muß sehr sorgfältig gearbeitet sein.

Ist die Wassertiefe in einem Behälter beträchtlich, so muß man mehre Dohlen anbringen (Figur 205), um das Wasser in verschiedenen Höhen auslassen zu können, da der Druck auf die unteren Schützen sehr groß ist, wenn der Behälter ganz voll ist. Diese können in Abständen von ungefähr 3,6 Meter voneinander angebracht werden; sie gießen ihr Wasser in einen gemeinschaftlichen verticalen Schacht aus. In diesem Falle ist es gut, an der Mündung des Bodendohlens einen Damm von Holz anzubringen, durch welchen dieser Dohlen immer voll Wasser gehalten wird, um Beschädigungen des Bodens durch das von oben herabstürzende Wasser zu verhüten.

Die Seitenmauern, welche die Erde an den Eingängen der Dohlen zurückhalten, werden mit Schlitzen angelegt, in welche man einen Damm von Holz einlegen kann, wenn eine Reparatur an den Dohlen oder der Außenseite des Dammes vorgenommen werden soll.

Die Schützen sind kleine, gleitende Thüren, welche durch ein Getriebe auf und ab bewegt werden kön-

nen. Der Querschnitt des Dohlens ist an der Schütze zusammengezogen.

Gemauerte Deiche sind wasserdichte Mauern, deren Dimensionen und Formen geeignet sind, dem Wasserdrucke im Reservoir zu widerstehen und das Durchsickern zu vermeiden. Der passendste Querschnitt ist ein Trapez, dessen Seite gegen das Wasser vertical ist und dessen äußere Seite eine Böschung erhält. Diese Mauer muß in der Höhe des Wasserspiegels wenigstens 1,2 Meter dick sein, um das Durchsickern zu vermeiden; diese Dicke muß nach den Umständen größer genommen werden. Acußerlich an der Mauer bringt man, zur Verstärkung der Stabilität, Strebepfeiler an.

Während der nassen Jahreszeit muß man Sorge tragen, daß der Damm nicht unter Wasser gesetzt werde. Hierzu muß man die Quellen, welche das Reservoir speisen, abschneiden können, und in dem Damme sollte ein Ueberfallswehr, ein Leerlauf angebracht sein, der bei hinreichender Weite und Tiefe das Wasser über den Damm leitet. Bei solchen Dämmen kann hierbei der Fall des Wassers in mehre Fälle abgetheilt sein, die man staffelförmig übereinander bringt, um den Stoß des Wassers auf die horizontalen Flächen der Absätze zu schwächen.

Bei ausgedehnten Behältern können starke Wellen gebildet und über die Krone des Dammes geworfen werden; in solchen Fällen bringt man an der Außenseite der Krone eine Brustmauer an und belegt die Krone durchaus mit Platten in Mörtel.

Fig. 208 zeigt einen Leerlauf mit zwei Fällen.

A Körper des Dammes.

a Krone des Ueberfalls.

b Deich, gebildet durch den Damm c, um die Kraft des fallenden Wassers zu brechen.

d ein Haufen loser Steine zu gleichem Zwecke.

Fall der Schleußen. Aus dem früher Gesagten ergiebt sich, daß für die Wassererſparniß einzelne Kammerschleußen vortheilhafter sind, als gekuppelte; aber der Ingenieur hat dennoch zuweilen zwischen beiden Arten zu wählen, und die Form der Bodenfläche wird ihn zuweilen nöthigen, gekuppelte Schleußen anzulegen. Die Kosten der gekuppelten Schleußen sind meistens etwas kleiner, als bei derselben Zahl von einfachen Kammerschleußen, weil mehre Theile des Mauerwerks wegbleiben können. Ebenso fallen die kleinen Thore bei den gekuppelten Schleußen weg. Die gekuppelten Schleußen sind aber schwieriger zu fundiren, weil das Wasser hier mehr wie bei den einzelnen seinen Weg unter die Schleußen sucht. Wo ein lebhafter Verkehr Statt findet, hat man auch zwei Reihen gekuppelter Schleußen verbunden, von denen die eine zum Aufsteigen, die andere zum Herabsteigen der Schiffe dient. In diesem Falle kann das Wasser, was zum Durchgang eines Schiffes gedient hat, theilweise in den andern Zug gebracht werden, wozu Schützen angebracht sind.

Der Fall der Schleußen ist von Wichtigkeit für den Wasserverbrauch, wie für die Kosten der Erbauung. Schleußen mit großem Falle verbrauchen mehr Wasser, als die kleinen. Ebenso erfordern sie mehr Sorgfalt in ihrem Baue und in der Unterhaltung; dagegen kosten Schleußen mit großem Falle weniger, als mehre Schleußen mit niedrigem Falle, welche auf dieselbe Höhe steigen. Der kleinste Fall ist selten weniger als 1,5 Meter, und der größte bei gewöhnlichen Canälen nicht über 3,6 Meter. Mittlere Fälle von 2 bis 2,4 Meter sind in jeder Hinsicht die besten. Dieser Punct kann übrigens nicht willkürlich festgestellt werden, da die Natur der Gründungen, der gebrauchten Materialien, der Aufdämmungen rings um die Schleuße, die Aenderungen in der Richtung des Canals, welche durch einen veränderten

Fall herbeigeführt werden, so vielfach abändernde Ursachen sind, daß nur bei genauer Abwägung aller Umstände der Fall einer Schleuße festgestellt werden kann.

Haltungen. Die Lage und Dimensionen der Haltungen hängt beinahe ganz von der Form der natürlichen Oberfläche ab. Um von einer Haltung zur andern zu gehen, wählt man die Puncte, an denen die natürliche Oberfläche einen schnellen Fall hat.

Eine Haltung kann mit einer passenden Aenderung ihres Querschnittes so kurz angelegt werden, als wünschenswerth erscheint, nur muß beachtet werden, daß ein Boot, das zwischen den Schleußen an den Enden der Haltung durchgeht, Zeit genug habe, in eine der Schleußen einzutreten, ehe es auf den Grund gesetzt wird, wenn das Wasser während des Durchgangs des Schiffes in die untere Schleuße gelassen wird und dabei die Tiefe in der Haltung gerade auf die Fahrtiefe des Schiffs gebracht wird.

Kammerschleußen. Eine solche besteht aus 3 Theilen: 1) der Kammer zwischen den Thoren; 2) dem Theile oberhalb der obern Thore, Vorderhaupt oder Oberhaupt; 3) dem Theile unterhalb der Thore, dem Unterhaupte.

Fig. 208 Grundriß M und Querschnitt N durch die Achse einer Kammerschleuße mit einer Betongründung.

A Schleußenkammer,
B Vorderhaupt,
C Unterhaupt,
a, a Kammermauern,
b, b Thorkammer,
c, c ebenso,
d, d Oberdrempel und Fallmauer,
e, e Unterdrempel,
h h, o o, m m und n n Flügelmauern,
D Mauer unter dem Vorderhaupte.

Die Kammer muß groß genug sein, um den auf dem Canale gebrauchten Schiffen den Aus- und

Eingang leicht zu gestatten; eine Breite, die um 0,3 Meter größer ist, als die Breite des Schiffs, wird in der Regel für hinreichend gehalten. Die Länge der Kammer hängt ebenso von der Länge der Schiffe ab; sie soll so bestimmt sein, daß nach dem Eintreten des Schiffes durch die unteren Thore diese geschlossen werden können, ohne das Ruder wegnehmen zu müssen.

Der Grundriß der Kammer ist gewöhnlich ein Rechteck, welche Form allen andern vorzuziehen ist. Bei den Querschnitten der Kammer erhalten die Seiten grwöhnlich eine schwache Böschung. Sie geben dem Schiffe so einen leichteren Durchgang, als wenn sie vertical wären. Der Boden ist entweder eben oder ausgehöhlt. Das Erstere erfordert mehr Wasser, das Zweite mehr Mauerung.

Fig. 209 Querschnitt der Fig. 208 durch die Kammer.

A, A Schleußenwände,

B Kammer mit einem umgekehrten Bogen als Boden.

Die Kammer ist zunächst innerhalb der obern Thore durch eine verticale Mauer begrenzt, deren Grundriß gewöhnlich gekrümmt ist; sie heißt die Fallmauer und hat gewöhnlich den Fall der Schleuße zu ihrer Höhe. Der obere Theil dieser Fallmauer wird aus gehauenen Steinen zu einem horizontalen Gewölbe hergestellt, und springt 15 bis 22 Cent. über den Boden der obern Haltung vor, und bildet so ein Widerlager für die geschlossenen obern Thore. Dieses Widerlager heißt der Oberdrempel. Man hat dem Winkel der beiden Schenkel des Oberdrempels mancherlei Größen gegeben. In der Regel wird er so angenommen, daß die Höhe dieses gleichschenkligen Dreiecks $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Basis beträgt.

Da die Drempel von Stein leicht durch den Stoß der Thore beschädigt werden, so bauet man sie jetzt gewöhnlich von Holz, indem man zwei starke Schwellen unter dem geeigneten Winkel in die Fallmauer bringt und darin gut befestigt. Es ist gut, den Kopf des Drempels etwas unter die Canalebene zu legen, um ihn gegen die Berührung mit dem Kiele der über ihm weggehenden Schiffe sicher zu stellen.

Fig. 210 Grundriß eines hölzernen Drempels und Querschnitt eines geschlossenen Schleußenthors.

a, a Schlagschwellen des Drempels, welche mit dem Fachbaume c und dem Binder b fest an die Seiten A, A sich stemmen.

d Querschnitt der Wendesäule des Schleußenthors.

e Querschnitt der Schlagsäule des Thores.

Die Querschnitte der Schleußenmauern sind trapezförmig, mit einem leichten Anzuge der Vorderseite. Diese Mauern sind zwei Pressungen ausgesetzt, dem Drucke des Wassers von der einen, dem Erddrucke von der andern Seite. Der letzte ist der größere und der beständig wirkende. Gewöhnlich nimmt man die Dicke der Mauer 1,2 Meter dick in der Höhe des Wasserspiegels der obern Haltung und bestimmt dann die Dicke der Basis, so daß die Mauer dem Drucke widersteht; die erste Dicke ist des Durchsickerns wegen so groß genommen. Die Ausdehnung des Fundaments hängt von der Natur des Bodens ab und muß hiernach wie bei andern Bauten bestimmt werden.

Der Boden der Kammer kann eben oder gewölbt sein, wie schon gesagt wurde. Ein ebener Boden paßt für sehr festen Boden, welcher weder dem verticalen Drucke der Seitenmauern nachgiebt, noch das Wasser von der obern Haltung unter den

Schleußenboden eindringen läßt. In einem der entgegengesetzten Fälle soll man dem Boden die Gestalt eines umgekehrten Bogens geben, durch welchen dem Druck des Wassers unter dem Boden am besten widerstanden und zugleich der Druck der Wände der Schleuße über den ganzen Boden verbreitet wird. Die Dicke dieses Bogens hängt von der Breite der Schleußenkammer und der Natur des Untergrundes ab. Auf einem dichten Felsen ist ein Boden nicht nothwendig; auf weichem Schlamm muß der Boden sehr fest und 1 bis 2 Meter dick sein.

Die größte Gefahr droht den Gründungen durch Wasser, welches aus der obern Haltung zur untern unter dem Boden der Schleuße sickert. Um diesem zu begegnen, hat man, jedoch ohne großen Erfolg, Spundpfähle quer über den Canal an dem Ende des Vorderhauptes eingetrieben; ein anderes wirksameres Mittel, das aber zugleich kostspieliger ist, besteht darin, daß man gerade unter dem Vorderhaupte einen tiefen, 0,6 bis 1 Meter weiten Graben aushebt, denselben mit Beton ausfüllt, welcher bis an die Mauerung des Vorderhauptes heraufreicht. Aehnliche Graben kann man, wenn es nothwendig ist, auch unter der Kammer anbringen.

Die Fallmauer erhält gewöhnlich dieselbe Dicke, wie die Schleußenkammer; allein, wenn der Boden nicht sehr fest ist, ist es besser, eine Masse von Mauerwerk unter dem ganzen Vorderhaupte von der Höhe des Bettes für den Boden der Kammer aufzubauen, welche dann die Fallmauer in sich einschließt.

Das Vorderhaupt ist zwischen zwei parallelen Mauern eingeschlossen, welche einen Theil der Seitenmauern der Schleuße bilden; sie endigen sich in zwei Flügelmauern, welche kreisförmig bis zum rechten Winkel mit den Seitenwänden herumlaufen, was das Wohlfeilste ist. In diesen Seitenwänden sind

die Thorkammern ausgespart; die Tiefe dieser Thorkammern sollen den Thoren gestatten, 5 bis 8 Cent. in die Mauer zurückzutreten, so daß dieselben durch die vorüberfahrenden Schiffe nicht beschädigt werden. Die Länge der Kammer soll nur einige Centimeter größer sein, als die Breite der Thore. In dem Theile dieser Kammer, in welcher sich das Thor dreht, steht die Wendesäule, welche in das Ende der Thorkammer, die Wendehöhle, genau paßt. Dieses Ende liegt gewöhnlich 45 Centimeter von der Vorderseite der Fallmauer.

Die Seitenmauern reichen nur 0,3 Meter über die andern Enden der Thorkammern; die Flügelmauern können sich bis zur ganzen Breite des Canals ausdehnen; aber weniger kostspielig ist es, wenn der Canal nahe an der Schleuße zusammengezogen wird, und die Flügelmauern nur 0,6 Meter weit zurückgreifen.

Die Dimensionen dieser Mauern werden wie bei den Mauern der Kammern bestimmt.

Der Boden des Vorderhauptes ist eben und in gleicher Höhe mit dem Canalboden; die äußern Schichten der Steine bei'm Eingange müssen gut verbunden sein, um nicht lose zu werden.

Die Thorkammern für die untern Thore sind in den Seitenwänden der Schleußenkammer angebracht. Der Boden der Kammer muß, soweit die Thore sich bewegen, eben sein, oder auf andere Weise so angeordnet, daß das Spiel der Thore nicht gehemmt ist.

Die Seitenmauern des Unterhauptes sind Theile der Hauptmauern, und ihre Dicke wird wie bei diesen festgestellt. Ihre Länge hängt hauptsächlich von dem Drucke der geschlossenen untern Schleußenthore auf sie ab, außerdem von dem Raume, welchen die Arbeiter bei dem Oeffnen und Schließen der Thore

bedürfen. Diese Seitenmauern werden durch Flügelmauern wie bei'm Vorderhaupte geschlossen. Die Verbindung zwischen beiden wird abgerundet. Zuweilen werden ein oder zwei Nuthen in den Seitenmauern des Unterhauptes angebracht, um bei Reparaturen mit einem Fangdamme von Holz die Wasser der untern Haltung von der Kammer abhalten zu können. Auch am Oberhaupte hat man solche Nuthen angebracht, doch sind sie nicht unentbehrlich.

Die Wendehöhlen der Thorkammern haben größere Angriffe, als alle andern Puncte abzuhalten, weil sich auf sie der Druck auf die Thore fortpflanzt, wenn diese geschlossen sind, und weil sie zugleich die Wirkungen der Thore bei ihrer Bewegung auszuhalten haben; um diesen Angriffen zu widerstehen, werden hinter den Mauern Strebepfeiler in der geeignetsten Lage angebracht.

Der Boden des Unterhauptes ist auf gleiche Weise wie der des Vorderhauptes gebaut.

Die Seitenwände der Schleuße reichen 0,3 bis 0,6 Meter über den Oberwasserspiegel; die oberste Schicht soll aus schweren und großen gehauenen Steinen bestehen, wiewohl diese Art der Bedeckung nicht unumgänglich nöthig ist, da kleinere Massen auch gute Dienste thun, aber weniger dauerhaft sind.

Bei der Mauerung der Schleuße im Allgemeinen kann man bemerken, daß nur die Theile aus gehauenen Steinen gebaut werden müssen, welche starker Abnutzung aus irgend einer Ursache ausgesetzt sind, wie namentlich die Kanten; oder wo eine genaue Arbeit nothwendig ist, wie bei den Wendehöhlen. Die anderen Theile können von Backsteinen, Bruchsteinen, Beton ꝛc. sein; aber jedenfalls muß man überall den besten hydraulischen Mörtel anwenden.

Das Füllen und Entleeren der Kammer hat zu vielen Besprechungen und Versuchen Anlaß gegeben,

wobei die Frage immer war, ob es vortheilhafter sei, das Wasser durch Schützen in den Schleußenthoren ein- und austreten zu lassen, oder durch Dohlen in den Seitenmauern, welche durch Schützen geöffnet oder geschlossen werden können. Läßt man das Wasser durch Oeffnungen in den Schleußenthoren eintreten, so greift dasselbe besonders bei hohen Fallmauern den Boden und die Seitenwände der Kammern stark an; außerdem wird das Schiff in der Kammer heftig bewegt. Um dieß zu umgehen, hat man der Vorderseite der Fallmauer eine gekrümmte Oberfläche gegeben, die das Wasser ohne Stoß auf den Boden der Kammer leitet.

Die Seitendohlen, Umläufe genannt, sind kleine gewölbte Canäle von kreisförmigem oder elliptischem Querschnitte, welche in der Mauer der Seitenwände liegen. Diese Dohlen gehen oft durch die ganze Länge der Seitenmauern in gleicher Höhe mit dem Boden von der Fallmauer bis an's Ende des Unterhauptes und haben verschiedene Mündungen in die Kammer. Sie haben zwei Schützen, eine bei'm Anfange in der obern Haltung und eine bei'm Auslasse in die Kammer. Dieß ist vielleicht eine der besten Constructionen für Seitendohlen. Sie sind alle sehr schwierig auszubessern und sind doch sehr ausgesetzt. Deßhalb stehen sie den Schützen in den Thoren nach.

Man hat auch vorgeschlagen, die Nachtheile der Seitendohlen und die der Fallmauern dadurch zu umgehen, daß man die obere Haltung nach und nach vertieft bis zu dem Boden der Kammer. Hierdurch wird an Mauerwerk erspart, aber die Thore kosten mehr, da die obern und untern Thore gleiche Höhe haben müssen.

Der Boden des Canals unter der Schleuße muß durch einen Dielenboden auf einem Roste oder durch

Faschinen oder Pflasterung geschützt werden. Ebenso werden die Seitenwände durch Holz oder Steine befestigt. Die Länge dieser Befestigung hängt von der Schnelligkeit des Stroms ab; sie beträgt selten mehr als 5 bis 10 Meter. Der Eingang zu dem Vorderhaupte ist zuweilen auf gleiche Weise geschützt; allein dieß ist unnöthig, da hier eine starke Strömung nicht vorkommt.

In den vereinigten Staaten hat man an mehren Canälen Schleußen aus Holz und Trockenmauerung aufgeführt. Die Seitenmauern sind trocken, aber sorgfältig gebaut. In dieser Mauer liegt bei der Kammer ein Rahmen von horizontalen und verticalen Hölzern, auf welche eine Bohlenbekleidung aufgenagelt ist; diese bildet die Seite der Kammer. Die Mauer liegt auf einem Roste von Querschwellen, welcher gut bedielt ist. Der Boden der Kammer erhält gewöhnlich eine doppelte Bedielung. Die Drempel sind von schwerem Holze.

Schleußenthore. Ein Schleußenthor besteht aus zwei Flügeln, von denen jeder aus einem festen Rahmen besteht, der gegen die Wasserseite hin mit dicken Planken wasserdicht beschlagen ist. Der Rahmen besteht gewöhnlich aus zwei verticalen Hölzern und verschiedenen horizontalen Riegeln, welche in die verticalen eingezapft sind, wozu endlich häufig noch eine diagonale Strebe kommt, welche dem Thore eine unveränderliche Form geben soll. Der Pfosten, um welchen der Flügel sich dreht, heißt Wendesäule und ist auf der Rückseite abgerundet, um in die Wendehöhle zu passen; sie ist excentrisch gegen diese gestellt, so daß sie sich leicht in dieser dreht, ohne zu streifen, und doch bei geschlossenem Thore gut sitzt. Oben und unten trägt sie eiserne Zapfen; der untere ruht auf einem eisernen Bande. Dieser Ring ist mit zwei eisernen Ankern, welche ihn an die obern Schich-

ten der Mauer festhalten, so verbunden, daß er leicht losgemacht werden kann. Die beiden Anker liegen, der eine in der Richtung des geschlossenen, der andere in der Richtung des geöffneten Thores. Der andere Pfosten des Thors heißt die Anschlagesäule; sie ist an der vordern Kante abgeschrägt, um mit der Anschlagsäule des andern Flügels zusammenzupassen.

Fig. 211 Aufriß eines geschlossenen Schleußenthores.

a, a Wendesäulen,
b Anschlagsäulen,
c, c Querriegel, welche in a und b verzapft und durch eiserne Bänder verbunden sind,
o Planken oder Dielen des Thors,
d Schütze,
m, m Hebel.

Auf der Wendesäule ist ein langer Hebel angebracht, welcher durch sein Gewicht theilweise das Gewicht der Thorflügel balancirt. Es ist etwa 1,2 Meter über dem obern Ende der Schleuße angebracht und in die Anschlagsäule verzapft; er dient zum Schließen und Oeffnen der Schleuße.

Der oberste Querriegel, das Rahmstück, liegt ungefähr in gleicher Höhe mit der obern Ebene der Schleuße; der Schwellrahmen, der unterste Querriegel, bewegt sich nahe am Boden der Schleuße. Die übrigen Querriegel werden entweder mit der Tiefe, dem größeren Wasserdruck entsprechend, stärker genommen oder bei gleicher Stärke dort näher zusammengerückt. Die Bohlen des Schleußenthors stellt man entweder parallel mit der Wendesäule oder mit der diagonalen Strebe, um die Form des Thores besser zu erhalten.

An den Thoren wird häufig ein breiter Bohlen auf Knaggen oder Traghölzern befestigt, um darauf

bei'm Aufziehen der Schützen stehen zu können. Sie gleiten in Nuthen auf und ab und werden durch ein Getriebe oder eine Schraube ohne Ende bewegt; oder die Schützen drehen sich um eine verticale Achse, in welchem Falle sie Drehklappen heißen. Die Schützenöffnungen in den oberen Thoren sind zwischen den untersten Querriegeln angebracht. In den untern Thoren liegen sie gerade unter dem Wasserspiegel der untern Haltung. Die Größe dieser Oeffnungen hängt von der Zeit ab, welche auf die Füllung der Schleußenkammer verwendet werden darf.

Nebenbauten. Unter diesem Namen sollen alle die Bauten angeführt werden, welche nicht eigentliche Theile des Canals, doch beinahe immer bei Canalbauten vorkommen; wie die Dohlen für die Ableitung des Wassers, die Mündungen der Leitgräben für die Speisung des Canals mit Wasser, die Leitungsbrücken ꝛc. ꝛc.

Dohlen. Die Anordnung, welche man zu treffen hat, um Wasser, welches die Canallinie durchschneidet, abzuleiten, hängt von der Menge dieses Wassers, der Art seines Stroms und der relativen Lage desselben gegen den Canal ab. Kleine Bäche, welche tiefer als der Canal liegen, können durch gewöhnliche Dohlen unter demselben durchgeführt werden. Liegen beide nahe in derselben Höhe, so muß man den Dohlen in der Form eines umgekehrten Hebers anlegen, er heißt dann Heberdurchlaß. Ist das Wasser des Bachs immer hell und seine Geschwindigkeit klein, so kann man es im letzten Falle in den Canal eintreten lassen. Die Verbindung des Baches oder Leitgrabens mit dem Canale muß der Art sein, daß man dieselbe nach Belieben abschließen oder wiederherstellen kann. Hierzu wird durch die Seiten eines Canals ein Einschnitt gemacht und mit hydraulischem Kalke ausgemauert. Eine Aufzieh-

schütze in diesem Einschnitt regelt die Wassermenge, welche eingelassen wird. Das Wasser des Leitgrabens oder des Baches läßt man zuerst in ein weiteres Behälter, um dort allen Schlamm abzusetzen, ehe es in den Canal tritt.

Wird die Canallinie von einem reißenden Bache durchkreuzt, welcher eine große Menge Sand, Kiesel u. dergl. mit sich führt, so kann es nothwendig werden, einen Graben für diesen Bach über dem Canal zu bauen; ist der Bach aber nur periodisch, so bringt man diesen Graben auf ein Boot, das in der Nähe in einer Ausbeugung des Canals steht, bis es bei'm Drohen des Stroms in die richtige Lage gebracht und eingesenkt wird.

Ist die Canallinie von einem größern Bache oder Flusse durchschnitten, so muß die Verbindung zwischen beiden Ufern entweder durch einen Brückcanal oder eine Brückwasserleitung oder dadurch hergestellt werden, daß die Schiffe aus dem Canal in den Fluß übertreten.

Die Anlage der Brückcanäle und Wasserleitungsbrücken ist bereits besprochen worden. Der Uebergang der Schiffe aus dem Canale in den Fluß ist bei dem veränderlichen Wasserstande des letzteren mit großen Unbequemlichkeiten verknüpft. In diesem Falle müssen an beiden Ufern Kammerschleußen angelegt werden, welche unter allen Umständen diesen Uebergang erlauben. Diese Schleußen müssen durch Dämme gehörig gegen den Angriff der Hochwasser des Flusses geschützt sein; und ist im Sommer das Wasser so seicht, daß die Schiffe nicht mehr über den Fluß können, so muß man sich durch einen Damm quer durch den Fluß das nöthige Fahrwasser verschaffen.

Canalbrücken. Straßen werden auf Brücken über den Canal geführt. Man muß diesen die noth-

wendige Höhe zur Durchfahrt der Schiffe mit ihrer Belastung und den Menschen darin geben.

Ausläſſe. Um das überflüſſige Waſſer wegzubringen, legt man Ueberfälle und Grundabläſſe an. Sie ſind am geeignetſten dort, wo das abfließende Waſſer in ein natürliches Bett kommt. Die beſte Anordnung iſt ein Einſchnitt in die Seitenwand des Canals bis auf den Boden desſelben, welcher ausgemauert wird und Ruthen zur Aufnahme einer Balkenwand oder einer Aufziehſchütze enthält. Ueber dieſe fließt das überflüſſige Waſſer; ſoll mehr Waſſer abgelaſſen oder die Haltung ganz trocken gelegt werden, ſo zieht man die Schütze auf oder nimmt die Balkenwand heraus.

Hülfsdämme. Bei langen Haltungen giebt ein Deichbruch zu vielem Schaden für die Schifffahrt und zu einem großen Waſſerverluſt Anlaß. Um dieſem wenigſtens einigermaßen zu begegnen, zieht man bei langen Haltungen den Canal an einigen Stellen bis auf die Breite der Schleußen zuſammen, mauert die Seitenwände mit Ruthen auf, in welche man eine Balkenwand zum Abſchluß des Waſſers von der einen Seite bringen kann.

Ausgang des Canals. Der Punct, in welchem ein Canal in einen Fluß mündet, muß mit Umſicht beſtimmt werden. Im Allgemeinen findet man im Hauptſtrom eine Sand- oder Kiesbank dort, wo die Nebenflüſſe münden. Folgt alſo der Canal einem ſolchen Nebenfluſſe, ſo muß er unterhalb jener Bank in den Fluß münden, um die Schifffahrt immer frei zu erhalten. Am Ende wird gewöhnlich ein größeres Baſſin zur Bequemlichkeit des Handels angelegt; der Uebergang von dieſem Behälter zu dem Fluſſe iſt durch eine Schleuße mit doppelten Thoren vermittelt, welche ſo angelegt iſt, daß ein Boot in jeder Richtung durch kann, ob der Waſſerſtand in der einen ſteigt oder fällt. Die Lage des Unterhaup-

tes dieser Schleußen soll stromabwärts gehen, weil dann besser aus- und eingehen ist.

Die wichtigsten Dimensionen der Canäle und ihrer Schleußen weichen nicht bedeutend voneinander ab.

Canäle in England. Zwei Classen von Canälen weichen wesentlich in ihren Dimensionen ab. Die folgenden sind die gewöhnlichsten Querdimensionen der größern Art:

Breite des Querschnitts am Wasserspiegel	12 bis 15 Meter
Breite am Boden	7,3 „
Tiefe	1,5 „
Länge der Schleußenkammer zwischen den Drempeln	23 bis 26 „
Breite der Kammer	4,6 „

Der Kaledoniancanal in Schottland, welcher Loch-Eil an dem atlantischen Ocean mit Murray Firth an der Nordsee verbindet, ist durch seine Größe bemerkenswerth, welche Fregatten der zweiten Classe den Durchgang gestattet. Die Hauptdimensionen der Querschnitte sind:

Breite des Canals am Wasserspiegel .	34 Meter
Breite am Boden	15 „
Tiefe des Wassers	6 „
Breite der Berme	1,8 „
Länge der Schleußenkammer	55 „
Obere Breite der Kammer	12 „
Fall der Schleuße	2,4 „

Die Seitenmauern der Schleußen haben eine gekrümmte Außenseite und sind durchaus 1,8 Meter dick; sie sind durch Strebepfeiler, die etwa 4,6 Meter auseinander stehen und 1,2 Meter breit und dick sind, verstärkt. Der Boden der Kammer besteht aus einem umgekehrten Bogen.

Canäle in Frankreich. In Frankreich hat man folgende Verhältnisse angenommen:

Breite des Canals am Wasserspiegel . 16 Meter
Breite am Boden . . . . . 10 bis 11 „
Tiefe des Wassers . . . . . 1,5 „
Länge der Schleußenkammer . . . . 35 „
Breite der Kammer . . . . . 5,2 „

Die Boote hierzu sind 32 bis 33 Meter lang, 5 Meter breit und gehen 1,2 Meter tief im Wasser.

Die englischen und die französischen Canäle haben gewöhnlich nur einen Leinpfad, welcher 2,7 bis 3,7 Meter breit ist und ungefähr 0,6 Meter über dem Wasserspiegel liegt. Die Seite des Leinpfaddammes gegen die Wasserstraße ist gewöhnlich gepflastert, gemauert oder bedielt.

Canäle in America. Die Verhältnisse des New-York-Erie-Canals und seiner Schleußen sind später allgemein befolgt worden. Diese Verhältnisse sind:

Weite des Canals oben . . . . . 12,2 Meter
Weite des Canals unten . . . . . 8,5 „
Tiefe des Wassers . . . . . 1,2 „
Breite des Leinpfades . . . 2,7 bis 3,7 „
Länge der Schleußenkammern . . . 27,4 „
Breite derselben . . . . . 4,6 „

Für die Verlängerung des Eriecanals sind folgende Dimensionen angenommen worden:

Obere Breite des Canals . . . . 21 Meter
Untere Breite des Canals . . . . 12,8 „
Tiefe des Wassers . . . . . 2,1 „
Breite des Leinpfades . . . . . 4,3 „
Länge der Schleußenkammern . . . 33,5 „
Breite derselben oben . . . . . 5,73 „
Breite derselben unten . . . . . 4,76 „
Fall der Schleußen . . . . . 2,44 „

Zwischen den gekuppelten Schleußen ist ein Durchlaß angebracht, durch welchen man das überflüssige Wasser aus der obern Haltung in die untere bringen kann.

Zwischen der Fallmauer der Schleuße und der Quermauer, welche die Erde an dem Vorderhaupte in der Nähe des Canalbodens hält, ist eine Grube gelassen, welche den Sand und Schlamm des fließenden Wassers aufnimmt und so den Thoren freie Beweglichkeit läßt.

Bei dem Chesapeake und Ohiocanal hat der Canal unterhalb Ferry folgende Verhältnisse erhalten:

Obere Breite des Canals	18,3	Meter
Breite am Boden	12,8	„
Wassertiefe	1,8	„
Länge der Kammern	27	„
Breite derselben	4,6	„

Der James-Flußcanal in Virginien hat:

Obere Breite	15,2	Meter
Untere Breite	9,1	„
Wassertiefe	1,5	„
Länge der Kammern	30,4	„
Breite	4,6	„

Der Rideaucanal, welcher den Ontariosee mit dem Ottawafluß verbindet, ist für Dampfschifffahrt eingerichtet. Ein großer Theil dieser Linie besteht in seichten Wassern, welche durch den Canal verbunden sind. Die Länge der Schleußenkammer dieses Canals ist 40,8 Meter und ihre Weite 10 Meter.

Der Wellandcanal zwischen dem Erie- und dem Ontariosee erhielt folgende Verhältnisse:

Weite des Canals oben	17,1	Meter
Weite des Canals unten	7,3	„
Wassertiefe	2,4	„
Länge der Kammern	33,6	„
Weite derselben	6,7	„

Der Canal und die Schleußen zur Umgehung der gefährlichen Schnellen des St. Lorenz gehören zu den größten der Welt. Folgendes sind die Dimensionen des Canals zwischen Long Sault und Cornwall:

Weite des Canals oben	40,2	Meter
Weite des Canals unten	30,5	„
Wassertiefe	2,4	„
Breite des Leinpfades	3,7	„
Länge der Schleußenkammern . . .	61,0	„
Weite der Kammern oben	17,2	„
Weite der Kammern unten	13,1	„

Eine Bank von 1,5 Meter ist auf jeder Seite zwischen der Wasserstraße und dem Fuße des Dammes gelassen. Der Leinpfad liegt 1,8 Meter über dieser Berme. Vergrößert man die Wassertiefe auf 3 Meter, so kann die Wasserbreite oben auf 46 Meter vergrößert werden.

Viertes Capitel.

Von dem Brückenbau.

I. Steinerne Brücken.

Eine steinerne Brücke besteht aus der Bahn, die auf einem oder mehren Bogen ruht, welche gewöhnlich von cylindrischer Form sind, und deren Pfeiler und Widerlager hoch genug sind, um bei jedem Wasserstande das zufließende Wasser durch den Bogen zu lassen.

Oertlichkeit. Der Punct, an denen eine Brücke erbaut werden soll, wie die Richtung der Bahn derselben, wird gewöhnlich durch die Lage der Verbindungslinie, von welcher die Brücke ein Glied bilden soll, nahezu bestimmt. Wenn aber der Ingenieur darin nicht beschränkt ist, so wird er zur Baustelle

einen Ort wählen, wo der Boden des Bettes einen festen Untergrund für die Gründungen bietet, wo die Auffahrten oder die Stellen, in welchen man die Brücke vom Lande aus erreicht, leicht hergestellt werden können, weder hohe Aufdämmungen noch tiefe Einschnitte erfordern, und wo der Lauf des Wassers gleichförmig ist, und nicht leicht durch Krümmungen oder andere Aenderungen in seinem Bette oder durch den Einbau der Fundamente und dergleichen bedeutend geändert wird, oder dem freien Abfluß des Wassers Hindernisse entgegentreten.

Um die Schwierigkeiten des Baues schiefer Bogen zu vermeiden, sollte die Achse der Brücke rechtwinkelig auf der Zuglinie des Wassers stehen, weil zur Sicherheit der Fundamente die Seiten der Pfeiler und der Widerlager parallel mit der Strömung des Wassers sein sollten.

Untersuchung der Localität. Nach welchen Betrachtungen immer der Ort zum Bau festgestellt wurde, so muß eine genaue Untersuchung der Localität des Flusses und seiner Umgebungen in einiger Entfernung aufwärts und abwärts angestellt werden, um den Ingenieur in den Stand zu setzen, den Einfluß zu beurtheilen, welchen der Bau der Brücke auf das Flußbett haben würde.

Diese Untersuchung muß überall die Bildung der Oberfläche, die Natur des Untergrundes im Bett und den Ufern des Flusses, und die Art der Strömung bei'm Hoch- und Niederwasser und das Anschwellen desselben feststellen. Dazu wird ein topographischer Plan, Längen- und Querprofile des Flußbettes und der Unterlage aufgenommen, welche letztere man durch Bohren und Sondiren untersucht; dazu wird eine Beschreibung gefügt, welche außer dem gewöhnlichen Stande des Wassers dessen Aenderungen durch zufällige oder dauernde Ursachen, wie die Wirkungen starker Strömungen oder der Einbaue

von Brücken, Dämmen und anderer künstlicher Aenderungen im Bette oder an den Ufern ergiebt.

Hat man sich eine genaue Kenntniß von der Baustelle und ihrer Umgebung verschafft, so sind die wichtigsten Puncte, welche den Ingenieur beschäftigen, zuerst seinen Bau der Oertlichkeit so anzupassen, daß ein Wasserweg offen bleibt, welcher genügt sowohl für die Zwecke der Schifffahrt, als für den Abfluß des Wassers selbst bei'm höchsten Wasserstande; dann eine Gründungsart anzugeben, welche dem Bauwerke die größtmögliche Sicherheit gegen jede Gefahr gewährt.

Der Wasserweg. Wird das natürliche Flußbette durch einen Einbau verengt, so staut sich das Wasser oberhalb des Einbaues auf und es entsteht ein Fall mit größerer Geschwindigkeit des Wassers in dem verengten Flußbette. Dadurch können bei Hochwasser Ueberschwemmungen herbeigeführt werden, welche der Landwirthschaft Schaden bringen; es kann die Schifffahrt gefährdet, wenn nicht ganz unmöglich gemacht werden; und es kann endlich der Bau selbst Noth leiden, wenn durch den Druck und durch die größere Geschwindigkeit des Wassers der Boden um das Fundament angegriffen wird. Ist im Gegentheil das Flußbett an der Baustelle erweitert, um diesen Uebelständen zu begegnen, so kann bei niederem Wasser die Geschwindigkeit dieses Wassers so klein werden, daß sich Ablagerungen von Sand und Kies bilden, welche bei schnellem Steigen des Wassers dieses stärker stauen, als der Einbau selbst, was um so gefährlicher ist, wenn der Hauptstrom des Wassers durch jene Ablagerung gegen den Einbau geleitet wird und dort tief am Fundamente einfrißt. Die Bahn des Wassers muß deßhalb groß genug gelassen werden, um bei den unvortheilhaftesten Wasser-

ständen die Geschwindigkeit des Wassers nicht bedeutend zu ändern.

Um die zweckmäßigste Geschwindigkeit des Wassers durch das verengte Flußbett zu erhalten, muß man die Geschwindigkeit des Stroms und seine Wirkung auf den Grund und die Seiten des Bettes bei dem höchsten Wasserstande genau notiren, und dazu besonders solche Stellen ober- und unterhalb der Brücke aufsuchen, wo das Bett am engsten zusammengezogen ist.

Die Geschwindigkeit des Wassers bestimmt man durch einen Schwimmer, aus einem Stoffe, der nur wenig leichter als Wasser ist, wie Wachs, Kampher, oder die nicht zu leichten Holzarten. Man wirft diesen Schwimmer in die stärkste Strömung und beobachtet die Zeit, in welcher er eine bestimmte Strecke durchläuft.

Von der Geschwindigkeit, welche man auf diese Weise findet, erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, indem man $\frac{4}{5}$ der Geschwindigkeit an der Oberfläche nimmt.

Hat man die mittlere Geschwindigkeit in dem natürlichen Flußbette, so erhält man die mittlere Geschwindigkeit in dem verengten Flußbette nach der Formel:

$$v = m \frac{S}{s} V$$

v die mittlere Geschwindigkeit im verengten Flußbette.

V die mittlere Geschwindigkeit im natürlichen Flußbette.

s und S die Querschnitte des verengten und des natürlichen Flußbettes.

m ist ein Coefficient, welcher nach zahlreichen Beobachtungen im Mittel zu 1,097 angenommen werden kann.

Ueber die Einwirkung der vergrößerten Geschwindigkeit auf das Bett hat man keine Versuche, welche sich direct an die gewöhnlichen Fälle anschließen. Die folgende Tafel ist aus Versuchen, die in einem regelmäßigen Canal angestellt wurden, gezogen:

Geschwindigkeit des Flusses in Metern.	Art des Bodens, der gerade noch diese Geschwindigkeit erträgt:	Specifisches Gewicht dieses Materials.
0,975	Eckige Kiesel von der Größe d. Hühnereier	2,25
0,642	Abgerundete Kiesel von 1 Zoll Durchmesser	2,61
0,307	Kies von der Größe der Bohnen . .	2,545
0,189	Kies von der Größe der Erbsen . .	2,545
0,216	Grober gelber Sand	2,36
0,107	Sand von der Größe der Aniskörner	2,545
0,079	Brauner Töpferthon	2,64

Gewöhnlich wird statt dieser Tafel folgende gebraucht, welche aber weniger zuverlässig zu sein scheint.

Art des Bodens.	Größte Geschwindigkeit für diesen Boden.
	Meter.
Moorerde	0,076
Weicher Thon	1,152
Sand	0,305
Kies	0,609
Kieselsteine	0,614
Eckige Kiesel	1,220
Conglomerate, Schiefer . .	1,520
Fels in Schichten	1,830
Dichter Fels	3,050

Eintheilung der Brücke. Mit den so erhaltenen Angaben kann man nun zur Anordnung der

Brücke selbst schreiten. Hierbei ist zuerst die Zahl der Bogen nebst der Form und den Dimensionen der Bogen festzustellen.

Als allgemeine Regel nimmt man eine ungerade Anzahl von Bögen an, sobald die Spannweite zu groß ist, um mit einem einzelnen Bogen hinüberzu langen. Oertliche Umstände veranlassen oft eine Abweichung von dieser Regel, was aber auf Kosten des architectonischen Effectes geschieht.

Die Weite der Bögen hängt hauptsächlich von der Art des Stroms, der Natur des Bodens und des Baumaterials ab.

Für Flüsse mit langsamem Laufe, welche keine bedeutende Hochwasser haben, genügen kleine Bögen oder solche von mittlerer Größe, weil hier selbst eine ziemliche Einengung des Wasserwegs die Geschwindigkeit nicht bedeutend vermehrt und also die Fundamente keiner Gefahr aussetzt. Ueberdies ist das Gründen in solchen Flüssen im Allgemeinen nicht schwierig. Für Flüsse mit schnellem Laufe und mit bedeutenden Hochwassern muß man dagegen weite Bögen nehmen, um den Wasserweg wenig einzuengen und die Gefahr für die Fundamente möglichst zu beschränken, indem man nur wenige in den Strom selbst bringt.

Bei einem vorzüglichen Baumateriale kann man weite, kühne Bögen bauen, was man bei schlechterem Materiale unterlassen muß.

Bögen. Man wendet bei Brücken Tonnengewölbe mit jeder der gebräuchlichen Gewölblinien an. Die Wahl muß durch die Weite des Bogens, den höchsten Wasserstand, die Lage der Auffahrten zur Brücke und die Schönheitsrücksichten geleitet werden, wobei man das größere oder geringere Hervortreten bei den verschiedenen Wasserständen beachten muß.

Elliptische und Segmentbögen werden meist dem Halbkreisgewölbe vorgezogen, besonders bei größeren Spannweiten, weil sie bei gleicher Höhe der Straßenbahn dem Wasser einen größern Durchlaß gewähren, und ihre Stirnfläche bei Hochwasser den Druck des Wassers in einer kleinern Fläche aufnimmt.

Der Halbkreisbogen sollte, seiner Schönheit, der Einfachheit seiner Construction und seiner Festigkeit wegen, jedem andern Bogen für Brücken über ein regelmäßig fließendes Wasser, das bedeutende Schwankungen im Wasserstande nicht erleidet, vorgezogen werden, besonders wenn derselbe keine bedeutenden Auffüllungen für die Auffahrten erfordert.

Sind die Weiten aller Bögen gleich groß, so müssen alle Bögen einander gleich sein. Sind die Weiten der einzelnen Bögen nicht gleich, so wird der weiteste in der Mitte angenommen und die andern symmetrisch darum vertheilt mit abnehmender Weite. Alle Curven werden hierbei ähnlich genommen, und die Anfänge der Bögen durch die ganze Brücke in gleicher Höhe.

Diese Höhe, in welcher die Bögen anfangen, hängt von der Pfeilhöhe der Bögen und der Höhe ihrer Scheitel über dem höchsten Wasserstande ab. Der Scheitel soll nach einer allgemeinen Regel nicht weniger als ein Meter über dem höchsten Wasserstande liegen, damit auch bei diesem schwimmende Körper unter der Brücke durchkommen können. Zwischen dieser untersten Lage des Scheitels und jeder andern hat man so zu wählen, daß die Auffahrt nicht zu steil wird oder nicht zu hoch zu liegen kommt, und doch auch der Anfang des Gewölbes nicht so tief, daß bei mittlerem Wasserstande der architectonische Effect verloren geht.

Sind die Bögen alle von gleicher Größe, so liegen die Straßenlinien und die Hauptlinien an den

Stirnflächen der Brücke horizontal. Dieses war während einiger Zeit sehr beliebt in der Brückenbaukunst; wenige der neueren und berühmten Brücken sind anders gebaut; die Brücken erhalten hierdurch Leichtigkeit und ein kühneres Ansehen, als man bei den Brücken findet, welche eine Neigung von der Mitte nach Außen haben. In vielen Fällen werden aber die größeren Kosten dazu führen, diese ältere Bauart beizubehalten.

Architectonischer Styl. Bei Brücken müssen dieselben Grundsätze gewahrt werden, wie bei jedem andern Bau. Da die Brücken bestimmt sind, schwere Lasten zu tragen und einem der zerstörendsten Elemente zu widerstehen, mit dem der Ingenieur zu thun hat, so muß der Charakter des Baues der der Festigkeit sein, und deßhalb soll eine Brücke nicht nur die gehörige Festigkeit haben, sondern auch durch ihr Ansehen das Gefühl der Sicherheit gewähren. Sie muß also in ihrem Baustyle nicht korinthische Leichtigkeit zeigen, aber auch nicht in ägyptische Massenhaftigkeit ausarten. Dabei muß sich der Baustyl nach der Umgebung richten, also die Brücke geschmückter und ausgearbeiteter sein, wenn sie in der Nähe prächtiger Bauten steht, als wenn sie einem abgelegenen Quartier angehört; und ebenso an das kleinste Dörfchen und die einförmigste Landschaft, oder an die kühnste Bildung der Natur sich anschließen. Einfachheit und Stärke muß man den Brücken geben; jede Verzierung, welche nicht augenscheinlich nutzbringend ist, wie jeder Versuch zur Kühnheit in der Zeichnung, welcher das Gefühl der Unsicherheit entstehen läßt, wenn dieses unbegründet ist, muß vermieden werden. Das Meiste, was versucht werden kann, besteht im günstigsten Falle in der Verbindung der Gewölbsteine mit den horizontalen Schichten in regelmäßiger und passender Weise; in der Zugabe

eines vorspringenden Gesimses etwa mit Tragsteinen von hübschem Profile; in der Bildung der Außenseite der Pfeiler. Die Stirnflächen der Brücke, das Gesims und die Brustwehr bieten in der Regel ungebrochene Flächen dar; dies kann bei Brücken, auf welchen man Plätze zu Sitzbänken vorbehalten will, welche die Fußpfade nicht unterbrechen sollen, anders sein; in diesem Falle über jedem Pfeiler ein Strebepfeiler hinauf gebaut sein, welcher den Ruheplatz trägt und zugleich bei höheren Brücken zur Festigkeit beiträgt.

Construction. Was über die Gründungen und die Mauerung überhaupt gesagt wurde, gilt hier vollständig; es soll hier nur nachgeholt werden, was den Brückenbau insbesondere angeht. Jede der angeführten Gründungsarten ist für die Gründung der Widerlager und Pfeiler anwendbar, wenn sie für den vorhandenen Baugrund paßt und nicht so kostspielig ist. Da das Gründungsbett und die Theile des Fundaments durch die Strömung leicht angegriffen werden, so muß man die größte Vorsicht anwenden, sie zu schützen, indem man dem Gründungsbett eine große Ausbreitung giebt, wenn der Untergrund irgend nachgiebt, das dauerhafteste Material für die Fundamente aufsucht, und besondere Mittel anwendet, den Boden rings um die Pfeiler gegen das Wegführen durch die Strömung zu sichern.

Zu dem letzten Zwecke hat man verschiedene Mittel versucht; zu den einfachsten und wirksamsten gehört die Ueberdeckung des Bettes mit Steinen, deren Größe und Gewicht hinreichend ist, der Strömung zwischen den Pfeilern zu widerstehen. Diese Steine werden unmittelbar auf das natürliche Bett des Flusses gebracht, wenn dieses aus einem gewöhnlichen thonigen Schlamm besteht; ist aber der Grund Sand oder Kies, so bringt man auf diesen erst einen zähen

Letten, ehe man die Steine einwirft. Die Zwischenräume zwischen den Steinen füllen sich nach und nach mit Schlamm, welcher als Bindemittel der Masse viele Dauerhaftigkeit giebt.

Die Fundamente der Pfeiler sollen aus schweren gehauenen Steinen, die sorgfältig verbunden sind, staffelförmig absetzend aufgemauert werden. Die Seitenflächen der Pfeiler sollen aus gut verbundenen Quadern bestehen. Sie können entweder vertical aufgebaut werden oder mit einem geringen Anzuge. Ihre Dicke bei'm Anfange des Gewölbes muß größer sein, als man diese unter den gewöhnlichen Umständen genommen hätte, da sie der zerstörenden Wirkung des strömenden Wassers und den Stößen schwerer schwimmender Körper ausgesetzt sind; da ferner die untergetauchten Theile der Pfeiler durch das Eintauchen an Gewicht verlieren und also weniger Widerstand leisten. Die bedeutensten Brückenbaumeister haben die Regel befolgt, die Dicke der Pfeiler bei'm Anfange des Gewölbes zwischen dem sechsten und dem achten Theile der Spannweite zu nehmen. Die Dicke der Pfeiler der Brücke zu Neuilly bei Paris, von dem berühmten Perronet erbaut, dessen Werke in der neueren Brückenbaukunst Epoche gemacht haben, ist nur der neunte Theil der Spannweite, wie auch ihre Bögen durch die Kühnheit der Curve bemerkenswerth sind.

Die gewöhnlich befolgte Regel ist, allen Pfeilern die nämliche proportionale Dicke zu geben. Einige Ingenieure haben empfohlen, einigen Pfeileru hinreichende Dicke zu geben, um dem Schub der Bögen von jeder Seite her zu widerstehen, um so einen Theil des Baues zu schützen, wenn ein Unglück einen der andern Pfeiler träfe. Diese Massen, welche man Widerlagspfeiler genannt hat, sind verwerflich, weil sie den Wasserweg zu sehr beschränken, viel kosten

und schlecht aussehen. Sie gewähren dagegen den Vortheil, daß man die einzelnen Bögen einzeln aufführen kann, was eine Ersparniß an Lehrgerüsten zur Folge hat.

Der Entwurf der Pfeilerköpfe an der Stirnfläche der Brücke, ihre Form, Höhe über dem Anfange des Gewölbes hängt von der Oertlichkeit ab. Der Hauptzweck derselben ist, einen Schutz des Mauerwerkes gegen den Stoß schwimmender Körper zu bilden und zugleich den Einfluß des Wassers zwischen die Pfeiler zu vermitteln und dabei die Bildung von Wirbeln und ihre Wirkung auf das Bett zu verhüten. Ihre Form muß beiden Zwecken entsprechen. Von den verschiedenen Formen, welche man den horizontalen Querschnitten der Pfeilerköpfe gegeben hat, scheint die halbe Ellipse, nach sorgfältigen Versuchen, am besten zu entsprechen.

Die Pfeilerköpfe erhalten bei Flüssen, die keinen Anschwellungen oder keinem Eisgange ausgesetzt sind, gewöhnlich dieselben Querschnitte stromauf- und stromabwärts. In verticaler Richtung werden dieselben säulenförmig entweder gerade oder bauchig.

Fig. 212, 213 und 215 zeigen die gewöhnlicheren Formen der horizontalen Querschnitte der Pfeilerköpfe **A** und eines Theils des Pfeilers **B** über den Fundamenten. Fig. 214 zeigt den Grundriß der Kappe eines Pfeilerkopfes in Schichten, der Verticalschnitt ist ein Viertelskreis.

Sie sollen bis zum höchsten Wasserstande aufgeführt werden. Sie sind am obern Ende mit einem Decksteine überlegt, um das Mauerwerk vor Regen und dergleichen zu schützen. Dieser Stein, die Haube des Pfeilerkopfes, kann eine conische oder sphäroidische Form erhalten.

Fig. 216 zeigt die Pfeilerköpfe **A** mit ihrer Kappe **B**, die Gewölbsteine **C**, die Stirnmauer **D**

und die Verbindung ihrer Schichten mit den Gewölbsteinen eines ovalen Bogens von drei Mittelpuncten.

E Bruſtwehr; F Mauerband.

Fig. 217 zeigt im Aufriſſe die Verbindung derſelben Elemente, wie in Fig. 216 für einen flachen Segmentbogen.

Fig. 218 zeigt im Aufriß die Verbindung derſelben Elemente, wie in Fig. 216 bei der Neuilly-Brücke, einer Korblinie von 11 Mittelpuncten.

o m Korblinie der inneren Wölbung.

o n Kreisbogen an der Stirn der Brücke.

In Flüſſen, bei welchen ſtarke Strömungen und Eisgänge vorkommen, erhält der Pfeilerkopf ſtromaufwärts mehr Stärke, als der ſtromabwärts und wird überdies in der Form einer geneigten Ebene gebaut, um das Eis leichter zu zerbrechen und ſeinen Durchgang durch den Bogen einzuleiten.

Fig. 219 zeigt einen Querſchnitt und Aufriß durch den Scheitel des Bogens in Fig. 218 und zeigt die Anordnung der Fahrbahn, der Fußwege, der Bruſtwehr und des Geſimſes.

Wo die Ufer eines zu überbrückenden Waſſers ſo ſteil und der Zugang ſo ſchwierig iſt, daß man die Straße in die Höhe dieſer Ufer legen muß, kann die Sicherung der Fundamente und die Sparſamkeit hohle oder offene Pfeiler verlangen. Eine ſolche Conſtruction erfordert große Vorſicht. Die Schichten des Pfeilers müſſen aus ſchwerem, mit äußerſter Sorgfalt behauenen Steinen beſtehen; die Pfeilerköpfe werden vollgebaut. Die Seitenflächen der Pfeiler werden durch mehre Quermauern von ſchweren, gut verbundenen Steinen in Verbindung geſetzt. Dieſe Quermauern werden durch große Binder in verticaler Richtung verſtärkt und bei großer Weite auch eine Bindemauer nach der Mittellinie aufgeführt.

Fig. 220 zeigt eine Seitenansicht **M** und einen Grundriß eines Pfeilers des Potomac-Aquaductes, mit einem Eisbrecher-Pfeilerkopf.

A der aufwärtsgehende Pfeilerkopf mit dem Eisbrecher **D**, welcher vom niedersten Wasserstande bis über den höchsten reicht.

B der Pfeilerkopf stromabwärts.

C Seite des Pfeilers.

F Grundriß der obern Fläche des Eisbrechers.

G G Grundriß der Seiten des Pfeilers.

Die Gründung, die Dimensionen und die Form der Widerlager, der Landfesten, einer Brücke werden nach denselben Grundsätzen geordnet, welche für andere Bögen in Anwendung kommen, wobei man neben der nothwendigen Festigkeit des Baues die Erfordernisse der Localität zu beachten hat. Die Mauern, welche an den Enden der Brücke die Fortsetzungen der Stirnflächen bilden und die Dämme der Auffahrten halten, die Flügelmauern, dienen den Landfesten als Streben. Zuweilen wird die Landfeste rückwärts durch einen cylindrischen Bogen begrenzt, dessen Elemente senkrecht stehen und welcher die Flügelmauern verbindet.

In andern Fällen wird ein rechtwinklig geformter Strebepfeiler in der Mittellinie hinter das Widerlager gebaut und durch eine verticale Quermauer oder durch horizontale Bögen mit den Flügelmauern verbunden.

Fig. 221 zeigt den horizontalen Schnitt einer Landfeste **A** mit gekrümmten Flügelmauern **BB**, einer mittleren Strebe **C** und einer quergehenden Bindemauer **D**.

Fig. 222 stellt den horizontalen Schnitt einer Landfeste **A** mit geraden Flügelmauern **B,B** mit umgebogenen Mauern **C,C** vor.

D mittlerer Strebepfeiler.

Die Flügelmauern können ebene Mauern sein, welche mit den Stirnflächen der Brücke bestimmte Winkel bilden; oder sie haben krumme Oberflächen und zeigen ihre concave Seite, wie in Fig. 231 zu sehen ist, oder die convexe; auch andere Formen kommen vor. Ihre Abmessungen und ihr Profil wird wie bei jeder andern Stützmauer bestimmt; nach oben schließt man sie in passender Weise an die Brücke an.

Die Brückenbögen verlangen eine ganz besondere Sorgfalt bei der Feststellung der Formen und Dimensionen der Gewölbsteine und bei ihrer Bearbeitung, weil hiervon die Festigkeit des Baues und das Beibehalten seiner Form hauptsächlich abhängen. Vorzügliche Aufsicht verlangt auch das Mauerwerk oberhalb der Pfeiler zwischen zwei Bögen. In einigen der neuern Brücken ist dieser Theil nur auf eine kurze Strecke über den Kämpfer hinauf dicht ausgemauert, gewöhnlich nicht über den vierten Theil der Bogenhöhe, und endigt dort mit einem umgekehrten Bogen, welcher mehr Sicherheit gegen den vorhandenen Druck gewährt.

Fig. 223 und 224 zeigt den Aufriß **M** und den Grundriß **N** einer einfachen Bogenbrücke mit geraden Flügelmauern, welche einen Damm durch das Thal des Flusses halten.

a, a' Seiten der Flügelmauern.
b,b schiefe Dammflächen.
c, c' Obere Flächen der Flügelmauern.
o, o' Abweisssteine.

Die äußere Wölbung muß mit einer wasserdichten Bekleidung von Beton und darauf Asphalt bedeckt sein.

Die Hintermauerung der Bögen wird gewöhnlich erst vorgenommen, wenn die Lehrgerüste gelöf't sind und die Bogen sich gesetzt haben, so daß die Fugen in diesen Schichten nur durch den Tempera-

turwechsel Aenderungen in ihrer Lage erleiden können. Die Dicke der Stirnmauern hängt von der Art, wie die Straße getragen wird, ab. Geschieht dies durch eine Füllung mit Erde, so muß die Dicke der Stirnmauer so berechnet werden, daß diese nicht nur den Erddruck aushalten können, sondern diesem auch noch genügenden Widerstand leisten, wenn durch die Stöße schwimmender Körper der Verband der Steine gelös't ist. Die bessere Methode, die Straßenbahn zu unterstützen, welche jetzt allgemein gebraucht wird, mit Ausnahme der ganz flachen Bögen, besteht darin, das Straßenmaterial entweder auf breite Platten zu legen, welche auf dünnen, parallel mit den Stirnmauern erbauten Backsteinmauern ruhen, welche letztere selbst wieder auf den Bögen und Pfeilern aufgeführt sind; oder das Straßenmaterial liegt auf kleinen Bögen, welche die eben geuannten Mauern verbinden, oder endlich auf einem Systeme von kleinen Kreuzgewölben, welche auf Pfeilern ruhen, die auf den Pfeilern und Bögen der Brücke stehen. Wenn eine dieser Methoden gebraucht wird, so erhalten die Stirnmauern eine mittlere Dicke von $\frac{1}{5}$ ihrer Höhe über der dichten Hintermauerung.

Fig. 225 zeigt einen Längendurchschnitt eines Pfeilers, eines Bogens und des dazu gebrauchten Lehrgerüstes von der neuen Londonbrücke über die Themse.

A umgekehrter Bogen über den Pfeiler.
B die Auslösung des Lehrgerüstes.
C Platz zu Sitzbänken über dem Pfeiler.

Oberbau. Der Oberbau einer Brücke besteht aus einem Karniese, der Straße mit den Fußwegen ꝛc. und einer Brustwehr.

Der Zweck des Karnieses ist der Schutz der Stirnmauern gegen Regen. Hierzu sollte der Vorsprung desselben um so größer sein, je höher die zu

schützende Mauer ist. Nach dieser Regel erhält man ein Karnies mit Tragsteinen, wenn der freiliegende Theil sich nicht selbst tragen kann oder doch dieses befürchten läßt. Die Höhe des Karnieses, mit Einschluß seiner Träger, soll im Allgemeinen seinem Vorsprunge gleich sein; dies verlangt oft mehr oder weniger Detail in dem Profile, um das Ganze nicht schwer erscheinen zu lassen. Die obere Fläche des Karnieses soll etwas über dem Fußweg liegen und schwach nach außen geneigt sein; den Boden muß man mit einer Traufplatte versehen, um das Wasser von der Seite der Mauer abzuleiten.

Fig. 226 zeigt ein Profil von Fig. 225 durch das Mittel eines Pfeilers, worin man die Anordnung der Straßenbahn und ihrer Trockenhaltung sieht.

A Mauerung des Pfeilers und Hintermauerung des Bogens.

b, b Mauern parallel mit den Stirnmauern, welche Platten tragen, auf welchen die Straße liegt.

c Stirnmauern mit Strebepfeiler über dem Pfeilerkopfe d.

e Fußweg.

f Ruheplatz mit Bänken.

o Gesims und Brustwehr.

n Ableitung des Wassers, das sich in den beiden Rinnen auf den Seiten der Straßenbahn sammelt.

Fig. 227 zeigt einen Schnitt durch die Achse eines Brückenpfeilers, bei welchem die Straßenbahn durch keine Bögen getragen wird.

Die Brustwehr überragt das Karnies und muß fest genug sein, um Fußgängern und Fuhrwerken den erforderlichen Schutz zu gewähren, ohne jedoch die Aussicht zu beschränken. Die Brustwehr ist gewöhnlich eine niedere ebene Mauer aus Quadern, welche an der oberen Fläche schwach gewölbt ist. Bei Brücken, welche den Character der Leichtigkeit haben,

wie namentlich die mit flachen Bögen, kann die Brustwehr durchbrochen sein. Die äußere Fläche soll nicht über die Stirnflächen der Mauer vorspringen. Die Steine, besonders die obersten, müssen gut verbunden sein, wozu man kupferne und eiserne Klammern verwendet.

Fig. 228 giebt einen Schnitt durch den Scheitel eines Brückenbogens und zeigt

a das Karnies,
b den Tragstein,
c die Brustwehr,
d Fußpfad,
A Schlußstein und
B innere Wölbung des Bogens.

Die Breite der Fahrbahn und der Fußweg wird nach der Oertlichkeit bestimmt; sie ist um so größer, je größer der Verkehr ist; für etwas längere Brücken nimmt man 5 bis 7 Meter für die Fahrbahn, in Städten noch mehr. Die Bahnen sind aus Schotter- oder aus Pflastersteinen hergestellt; auf beiden Seiten der Fahrbahn läßt man eine Rinne, in welche von der schwachgewölbten Bahn das Wasser sich sammelt und durch die verticalen Canäle, wie Fig. 226, **n**, in den Pfeilern aus einem Abflußcanal, der in der Stirn des Pfeilers unter dem tiefsten Wasserstande mündet, austritt.

Harte und dauerhafte Steine, mit dem Meißel oder Hammer bearbeitet, sollte man bei Brücken, deren Bögen mehr als 15 Meter Spannweite haben, allein verwenden. Das Innere der Pfeiler, der Landfesten und der Stirnmauern kann der Sparsamkeit wegen aus guten Bruchsteinen, aber mit vieler Sorgfalt bei'm Verband und der Mauerung hergestellt werden. Für mittlere und kleine Spannweiten kann man eine gemischte Mauerung aus Quadern und Bruchsteinen oder Backsteinen anwenden, zuwei-

len auch Backsteine allein. In all' diesen Fällen müssen zu den Pfeilerköpfen, den Schichten des Fundamentes, den Kämpfern, den Bögen an den Stirnflächen und den Schlußsteinen gute gehauene Steine genommen werden. Das Andere kann aus lagerhaften Bruchsteinen oder ganz guten Backsteinen für die Stirnflächen und mit guten Bruchsteinen und Backsteinen für die Füllungen ausgemauert werden. Bei einer gemischten Mauerung dieser Art können die Schichten aus Quadern leicht über die andern vorspringen, was gut aussieht, besonders wenn die Fugen abgeschrägt sind, und zugleich die schwächeren Stellen gegen die Stöße schwimmender Körper schützt. Bei Brückenbauten darf man nur hydraulischen Mörtel verwenden.

Auffahrten. Die Anordnung der Auffahrten hängt ab von der Zahl und Richtung der Straßen, welche an der Brücke münden, der Breite und Lage dieser Straßen, und endlich der Oertlichkeit. Die Hauptpuncte, welche man hierbei im Auge haben muß, sind: den Fuhrwerken einen leichten und sicheren Zugang zur Brücke zu verschaffen und dabei doch die Gelegenheit zur Schifffahrt unter den äußersten Bögen nicht unnöthig zu beschränken.

Fig. 229 der Aufriß eines Pfeilers und zweier Bögen der Brücke, von welcher Fig. 227 einen Durchschnitt giebt.

A Ansicht des Pfeilerkopfes.

B Kappe.

C Gewölbsteine mit abgeschrägten Kanten.

Gelangt man zur Brücke auf einem Damme, welcher in der Fortsetzung der Brückenbahn liegt, so kann man, wenn die Straße und die Brücke gleiche Breite haben, die Stirnmauern der Brücke so weit fortsetzen, daß der Fuß des abgeschrägten Dammes einige Fuße jenseits des obern Randes des Flußbet-

tes fällt. Das Ende des Dammes wird dann nach einer conischen Fläche begrenzt und entweder mit trockenen Steinen oder mit Rasen gegen den Einfluß des Regens geschützt.

Fig. 230. Aufriß **M** und Grundriß **N** zeigen die Anordnung der Auffahrtsdämme, wenn die Stirnmauern der Brücke vierfach verlängert werden.

a, a' Abhang des Damms.

b, b Bekleidung des in der Form des vierten Theil eines Conus abgerundeten Damms mit trockenen Steinen.

f, f' Treppe, um Fußgängern das Besteigen des Damms zu erlauben.

c, c' Abrundung des Dammendes, mit Rasen bekleidet.

d, d' trockene Ausmauerung des Flußbettes.

e, e' Boden des Flußbettes.

Münden mehre Straßen an der Brücke, oder ist die Breite der Straße größer als die der Brücke, so wird die Auffahrt von der Brücke an erweitert, wozu Flügelmauern, nach einer der Oertlichkeit angepaßten Form, angebracht werden. Flügelmauern mit einer concaven Außenfläche werden gewöhnlich angebracht, wenn sie in ihrer Form und Stärke zu der Localität passen. Werden diese Mauern aus gehauenen Steinen erbaut, so sind sie schwieriger zu construiren und kostspieliger als ebene Mauern.

Fig. 231. **M** ein Aufriß und **N** ein Grundriß einer krummen Flügelmauer. **A** vordere Ansicht derselben.

B, B' Abhang des Dammes.

Um die Communication längs der Ufer nicht zu unterbrechen, muß man in vielen Fällen einen Bogendurchgang für Pferde und Fuhrwerk hinter der Landfeste unter der Auffahrt anbringen. Wo die Form des Brückenbogens es zuläßt, wie bei flachen

Bögen, kann man auch vor dem Widerlager eine Straße zu gleichem Zwecke unter dem Bogen durchgehen lassen.

Um die natürlichen Ufer zunächst der Brücke und die Fundamente der Landfeste gegen die Wirkung des strömenden Wassers zu schützen, wird eine trockene Mauer über diese Ufer gelegt, welche man zur Aufnahme dieser Mauer zuerst vorbereitet hat; der Fuß dieser Mauer wird durch eine Masse von losen Steinblöcken gehalten, welche man über die Sohle des Flußbettes ausbreitet, wozu man noch eine Reihe von quadratischen Pfählen längs des Fußes eintreiben kann. Springt die Landfeste in das Flußbett vor, so wird ein mit Steinen bekleideter Damm von der vordern Seite der Landfeste zu dem Ufer des Flusses geführt, welcher den Ein- und Ausfluß des Wassers vermittelt.

Erweiterung des Wasserwegs.

Bei halbkreisförmigen und elliptischen Gewölben, welche tief anfangen, bietet die Hintermauerung des Bogens bei höherem Wasser dem Strome ein bedeutendes Hinderniß dar, wodurch nicht allein die Sicherheit der Brücke durch angetriebenes Holz und Eis gefährdet wird, sondern diese auch ein schwerfälliges Ansehen erhält. Um hier zu helfen, hat man den Winkel, welchen die Stirnfläche des Bogens mit der innern Wölbung macht, weggeschnitten; die Form der weggeschnittenen Masse ist verschieden. Bei der Neuilly-Brücke, wo dieses Hülfsmittel nahe zuerst angewendet wurde, ist die gebliebene Fläche windisch und verbindet einen Kreisbogen n o an der Stirne der Brücke mit einer Ellipse an der innern Wölbung. Dadurch wird an jedem Bogen ein windschiefer Wasserweg erhalten, und bei hohem Wasser erhält der

Bau das Ansehen eines flachen Bogens. Diese conoidischen Abschnitte nennt man auch Kuhhörner.

Lehrgerüste. Die Anordnung der Lehrgerüste und die Mittel zu ihrer Auflösung wurde in der, die Zimmerung betrachtenden Abtheilung, bereits mitgetheilt, und Beispiele von den neueren berühmteren Constructionen gegeben. Hier soll nur noch auf die Nothwendigkeit aufmerksam gemacht werden, durch zweckmäßige Anordnung der Verbindung, wie durch Sorgfalt auf die Ausführung jede Aenderung in der Form des Bogens während des Baues zu vermeiden. Die englischen Ingenieure sind darin im Allgemeinen glücklicher gewesen, als die französischen. Die Letzteren haben bei mehren ihrer schönsten Brücken für die Lehrgerüste mehre ineinander liegende polygonale Zimmerwerke benutzt, welche mit kurzen Seiten so ineinander beschrieben sind, daß immer eines das andere in der Mitte der Seiten unterstützt. Die Seiten jedes Rahmens sind ineinander gefügt, und die Stellung der verschiedenen Rahmen gegeneinander durch paarweise, mit den Rahmen verkrümmte und durch Schrauben zusammengehaltene radiale Hölzer gesichert. Eine Verbindung dieser Art kann nur unter einer gleichmäßig über sie verbreiteten Last ihre Form behalten; unter den gewöhnlichen Umständen, die bei der Erbauung eines Bogens vorkommen, bewegen sich diese Lehrgerüste, indem sie zuerst an dem Scheitelpunct steigen und dann, wenn der Schlußstein und die anliegenden Gewölbsteine gelegt werden, sich wieder senken. Die englischen Ingenieure haben gewöhnlich solche Verbindungen gewählt, in welchen die Pressungen direct auf feste Stützpuncte übertragen werden, wobei dann in dem Lehrgerüste keine weitere Formänderung vorkommen kann, als die durch die Verkürzung oder Verlängerung der Theile des Zimmerwerks entstehen.

Allgemeine Bemerkungen. Die Brückenbaukunst ist in neuerer Zeit zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gelangt, beides was Form und was Ausführung anlangt. Frankreich ist hierin vorangegangen und das übrige Europa, besonders Großbritannien, hat würdig ihm nachgeeifert. Europa ist überdeckt mit einer Anzahl schöner Bauwerke dieser Art, welche das Bestreben für die öffentliche Wohlfahrt sowohl, als für den Fortschritt der Industrie und der schönen Künste beurkunden. Für den Fortschritt in diesem Zweige der Baukunst ist Frankreich seiner Schule und seinem Corps der **Ponts et Chaussées** hauptsächlich verpflichtet; diese Einrichtungen haben ihm von dem berühmten Perronet an eine lange Reihe von Namen geliefert, die ausgezeichnet in den Wissenschaften und Künsten des Ingenieurs dastehen.

England, obwohl in einigen Theilen der mechanischen Künste über Frankreich stehend, steht doch diesem in der Wissenschaftlichkeit seiner Ingenieure nach. Ohne eine Schule, wie sie Frankreich besitzt, haben die englischen Ingenieure, als ein Körper, bis vor wenigen Jahren unter dem Nachtheil gearbeitet, keines jener Institute zu haben, welche, indem sie ein gemeinsames Band der Vereinigung bilden, nicht allein dazu dienen, Kenntnisse über den ganzen Körper zu verbreiten, sondern auch dem Verdienste zur Anerkennung zu verhelfen und durch einen erleuchteten Corpsgeist die Anmaßungen unwissenden Vordrängens und scheelsüchtige Böswilligkeit niederzuhalten. Obgleich so als Körper weniger vortheilhaft gestellt, als ihre bevorzugteren Brüder in Frankreich, können doch die englischen Ingenieure mit Stolz nicht nur auf ihre Bauwerke, sondern auch auf einzelne Namen unter ihnen zeigen, welche vollendet unter den eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche der Selbstbildung

immer warten, jetzt in der ersten Linie derer stehen, deren Geist die industriellen Künste weiter geführt und veredelt haben.

Die übrigen europäischen Staaten haben ebenso zur Vervollkommnung der Brückenbaukunst beigetragen, wennschon ihre Erfolge weniger weit durch ihre Veröffentlichungen bekannt wurden, als die von Frankreich und England. Unter den vielen Brücken von Italien können besonders benannt werden der weit bekannte Rialto, die Brücke **Santa Trinita** zu Florenz, deren Wölblinie so lange ein mathematisches Räthsel war, und der neue einfache Bogen über den **Dora Riparia** in der Nähe von Turin. —

In den vereinigten Staaten haben die dringenden Bedürfnisse eines jungen Volkes, das noch ohne die Aufhäufung von Capital ist, mit welchem allein große und dauernde Monumente errichtet werden können, verhindert, daß im Brückenbau Vieles geschehen ist, was nicht den Charakter des Zeitweisen hat. Die Brücken, Viaducte und Aquaducte von Stein sind in diesen Staaten beinahe ohne Ausnahme von ländlicher Arbeit nach ökonomischen Betrachtungen. Die Wahl dieser Art von Mauerung hat, abgesehen von ihrer Wohlfeilheit, das Verdienst, zu der Umgebung zu passen, wenn mehre solche Bauten dort sind. Unter den Werken dieser Classe kann die Eisenbahnbrücke über den Patapsco, der Thomas-Viaduct, genannt werden, auf der Eisenbahnlinie von Baltimore und Washington, entworfen und erbaut von Latrobe, dem Ingenieur dieser Bahn. Es ist dies eine von den wenigen Brücken mit krummen Bahnlinien. Der Ingenieur hat sehr glücklich die doppelte Schwierigkeit überwunden, eine gekrümmte Axe zu haben und dabei keine Arbeiter, welche fähig sind, complicirtere Steinschnitte auszuführen, indem

er Halbkreistonnengewölbe auf Pfeiler mit trapezförmigem Querschnitt stellte. Dieser Bau bietet, mit Ausnahme einiger Einzelnheiten, wie das schwache eiserne Geländer z. B., einen großartigen Anblick dar, und giebt der Einsicht und Geschicklichkeit des Ingenieurs das beste Zeugniß. Der schöne einzelne Bogen, bekannt als der Carrolton-Viaduct auf der Baltimore- und Ohio-Eisenbahn, ist ebenso empfehlend für das Wissen als für das Geschick seines Erbauers. Eine der längsten Brücken der vereinigten Staaten, entworfen und theilweise in Stein ausgeführt, ist der Potomac-Aquaduct zu Georgetown, wo der Chesapeake und Ohio-Canal den Potomacfluß durchkreuzen. Dieses Werk, zu welchem ein hölzerner Ueberbau gemacht wurde, wurde unter der Leitung des Capitän Turnbull von den topographischen Ingenieuren der vereinigten Staaten erbaut.

Die folgende Tafel enthält die wichtigsten Angaben über die bekanntesten steinernen Brücken von Europa.

Name der Brücke,	Fluß.	Form der Bögen.	Zahl der Bögen.	Größe der Spannweite.	Pfeilhöhe der Bögen.	Höhe des Schlußsteins.	Weite zwischen den Stirnen.	Jahr der Erbauung.	Name des Erbauers.
				Met.	Met.	Met.	Met.		
Vieille-Brionde	Allier	Segment	1	—	—	—	—	1454	Grenier u. Estone
Rialto	—	—	1	—	—	—	—	1578	Michel-Angelo
Claix	Drac	—	1	—	—	—	—	1611	—
Neuilly (A) . .	Seine	Elliptisch	5	—	—	—	—	1774	Perronet
Lavaur	Agaut	—	1	—	—	—	—	1775	Saget
St. Maxence (B)	Oise	Segment	3	—	—	—	—	1784	Perronet
Chignac	Erault	Elliptisch	1	—	—	—	—	1793	Garipuy
Jena (C)	Seine	Segment	5	—	—	—	—	1811	Lamandé
Rouen	—	—	5	—	—	—	—	1813	Lamandé
Waterloo (D)	Themse	Elliptisch	9	36,6	10,7	1,49	13,4	1816	Rennie
Gloucester (E)	Severn	—	1	45,7	16,5	1,37	10,7	1827	Telford
London (F) . . .	Themse	—	5	46,3	11,5	1,52	17,1	1831	Rennie
Turin (G) . . .	DoraRiparia	Segment	1	44,8	5,5	1,49	12,2	—	Mosca
Grosvenor (H)	Dee	—	1	61,0	12,8	1,22	—	1833	Hartley

A. Dieses schöne Bauwerk, entworfen und ausgeführt von dem berühmten Perronet, macht in der Brückenbaukunst durch die Kühnheit des Entwurfs, die ausgezeichnete Ausführung und seine einfache Schönheit Epoche. Die innere Wölblinie ist eine Korblinie von 11 Mittelpuncten; der kleinste Krümmungshalbmesser ist 6,37 Meter, der größte für den Scheitel 48,49 Meter. Der Erbauer erweiterte das Gewölbe an den Stirnflächen durch sogenannte Kuhhörner, indem er die innere Wölbung mit den Stirnflächen durch eine windschiefe Fläche verband, welche einerseits durch ein Kreissegment, das durch den Scheitel des Gewölbes und die oberen Puncte der Pfeilerköpfe geht, andererseits durch zwei durch verticale Ebenen auf der innern Wölbfläche abgeschnittene Curven. Diese Ebenen sind gegen die Achse des Gewölbes geneigt und gehen durch den Scheitel des Bogens. Der Zweck dieser Anordnung ist zweifach: erstlich giebt sie der Brücke bei hohem Wasserstande ein leichteres Ansehen, und zweitens erleichtert sie bei hohem Wasserstande den Abfluß des Wassers.

Die Mittellinie der Straßenbahn, der Karnies und alle entsprechenden architectonischen Linien sind horizontal, welche Anordnung seitdem der Name Perronet's classisch gemacht hat, und welcher man bei manchen neuern Brücken wahrhaft wesentliche Bedingungen geopfert hat.

Die Landfesten sind bei'm Anfange des Gewölbes 9,75 Met. dick, die Pfeiler aber nur 4,21 Met.; diese sind ein Beispiel richtiger Berechnung, welche diese Theile gegen die Construction früherer Ingenieure außerordentlich kühn erscheinen ließ.

Die Lehrgerüste bei der Neuilly-Brücke waren nach dem fehlerhaften Polygonalsystem erbaut.

Perronet war achtsam auf die Nachtheile dieser Construction, und bei keinem Theile des Baues wurden mit mehr Vorbedacht die vorausgesehenen Aenderungen und mit größerer Sorge und Geschick die nicht vorhergesehenen Zufälle gehoben. Ein Uebersehen, das ernst in seinen Folgen ist, war eine Erweiterung des Flußbettes an der Baustelle; die Folge davon war eine allmählige Ablagerung in der Nähe der Brücke, welche die Schifffahrt hindert.

Eine Brücke von Neuilly ist ein schönes Denkmal des Geistes und des practischen Geschickes ihres Erbauers. Die Architectur ist im Ganzen und den einzelnen Theilen imposant und vom besten Geschmacke.

B. Diese Brücke wurde nach den Plänen von Perronet erbaut. Verleitet durch eine vollständige Kenntniß dessen, was seine Kunst erreichen konnte, opferte er das Sicherheit-gebende Ansehen der Brücke einer großen Kühnheit und Leichtigkeit. Er bewerkstelligte dies, indem er sehr flache Segmentbögen auf Pfeiler stellte, welche aus vier Säulen gebildet sind; die beiden, welche die Pfeilerköpfe bilden, sind mit den beiden nächsten durch eine Mauer verbunden; die beiden mittleren lassen einen Zwischenraum zwischen sich. Die Durchmesser der Säulen sind 2,92 Meter mit einem gleich großen Raume zwischen sich.

Der Ingenieur, welcher den Bau ausführte, brachte, offenbar ängstlich für dessen Sicherheit, in die Schichten der Pfeiler und der Bögen eine große Menge von eisernen Bändern und Klammern, eine Vorsichtsmaßregel, welche, wenn sie nothwendig war, hätte zur Verwerfung des Projectes führen sollen, wenn schon dieses durch die hohe Autorität Perronet's getragen wurde.

C. Diese Brücke, jetzt der **Pont de l'École militaire** genannt, und die Brücke von Rouen, sind

nahe nach denselben Plänen erbaut. Die erste ist ein Modell von gutem Geschmack und kunstvoller Arbeit. Ihre horizontalen Linien, ihr schönes Karnies, copirt von dem Tempel des Mars ultor, und die Sculpturen über den Pfeilern, bieten ein Ganzes von einziger Schönheit.

D. Diese Brücke, zuerst Strandbrücke benannt, ist würdig der großen Weltstadt, in der sie steht. Der Ingenieur hat, vielleicht unter dem Einflusse der Nachbarschaft der Brücke, auf die Pfeilerköpfe dünne Säulen gestellt, welche Ruheplätze für Fußgänger tragen, und hat so in nicht unbeträchtlichem Maße die Brücke des imposanten Charakters beraubt, welchen ihr ihre Massenhaftigkeit und das herrliche Baumaterial ohne Zweifel gegeben hätten.

E. Die Glouceſterbrücke ist einigermaßen der Neuillybrücke mit Kuhhörnern nachgebildet. Der allgemeine architectonische Effect ist der der Schwere, und die Verzierungen von zweifelhaftem Geschmacke. Die Details der Construction zeugen von dem außerordentlichen Geschick und der Zuverlässigkeit des großen Ingenieurs, der sie entworfen und ausgeführt hat.

F. Die Londonbrücke des Sir John Rennie gehört in jeder Hinsicht unter die Meisterwerke der Brückenbaukunst. Was Kühnheit, Festigkeit, Einfachheit, Massenhaftigkeit ohne Schwere und ein glückliches Anpassen an die Oertlichkeit anlangt, steht sie unübertroffen da. Die Schönheit, welche gewöhnlich in der Horizontalität der Brücke gesucht wird, ist weislich einer gut berechneten Sparsamkeit gewichen; die künstlichen Auffahrten haben sich so den vorhandenen angeschlossen, indem man die Dimensionen der Bögen von der Mitte nach Außen zu abnehmen ließ. Die vollen quadratischen Strebepfeiler, welche von den Pfeilerköpfen aufsteigen und die Ruheplätze tra-

gen, sind von augenscheinlichem Nutzen durch Verstärkung der Stirnmauern, welche beträchtlich hoch sind; sie bringen einen nicht ungefälligen Effect hervor, indem sie die ungleichen Bögen trennen, ohne die Einheit des Hauptplans aufzuheben.

G. Dies ist der kühnste Bogen von Stein, welcher jetzt steht und ein glänzendes Beispiel von architectonischer Zeichnung und kunstvoller Arbeit. Die innere Wölbung ist schwach und trichterförmig gehalten, was der Brücke ein fast zu kühnes Ansehen giebt. Das Karnies ist nach demselben Modell, wie das der Jenabrücke; die convexen cylindrischen Flügelmauern, welche eine Auffahrt von 44 Meter zwischen den Brustwehren geben, nebst dem andern architectonischen Zugehöre, haben diese Brücke zu einem Modell des guten Geschmacks gemacht. Durch das Weglassen eines gewöhnlichen architectonischen Gliedes ist vielleicht ein leichter Fehler zu großer Nacktheit in den Augen des strengen Kunstrichters entstanden und ihre Schönheit ist hierdurch in Etwas verunglimpft.

Die Widerlager dieser Brücke sind an den Fundamenten 12,2 Meter dick und sind außer den Flügelmauern durch zwei 6 Meter lange und 3 Meter dicke Strebemauern verstärkt.

H. Die Spannweite dieser Brücke ist die größte bekannte. Dem Auge bietet diese Brücke aber wenig Empfehlenswerthes dar.

Das Verfahren bei'm Brückenbau ist jetzt im Allgemeinen in der ganzen civilisirten Welt dasselbe. In Frankreich hat man in der letzten Zeit das Gründen mit Versenkkasten dem mit Fangdämmen vorgezogen; bei dem Oberbau haben die dortigen Ingenieure zwischen dem Bogen und der Straße dicht aufgefüllt. Bei einigen ihrer Brücken, wie, z. B.,

der zu Bordeaux, wo man für die Stabilität der Pfähle fürchtete, wurde eine Mauerung aus Steinen und Backsteinen angewendet und die Straße durch leichte Kreuzgewölbe von Backsteinen getragen. Unter den neuern Brücken in Frankreich, welche etwas Abweichendes in ihrer Construction haben, kann die von Souillec über die Dordogne genannt werden. Der Fluß ist sehr reißend und das Bett ist von Kalkstein und sehr uneben und hat tiefe Spalten, welche mit Sand und Kies ausgefüllt sind, so daß man weder Versenkkasten, noch Fangdämme anwenden konnte. Der Ingenieur Vicat, durch seine Untersuchungen über den Mörtel allgemein bekannt, erdachte, um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, den Plan, die Fläche jedes Pfeilers mit einem sich der Oberfläche des Bettes genau anschließenden Fangdamme zu umgeben und diesen mit Beton auszufüllen, um so ein Gründungsbett zu erhalten. Hierzu richtete er einen Rahmen von schwerem Holze vor, zwischen dessen horizontalen Stücken dicke Bohlenpfähle bis zu dem Boden zu einer Spundwand niedergetrieben werden konnten. Nachdem dieser Fangdamm aufgerichtet war, wurde der lose Sand und Kies ausgeschöpft, die Bodenfläche etwas geebnet und die Spalten entleert und mit Bruchstücken eines weichen Steins wieder gefüllt, welcher sich durch Stoßen fester und dichter in diese Spalten setzte, als Kies und Sand. Auf die so zubereitete Oberfläche wurde das Bett von Beton in einer Dicke von 4 bis 5 Meter nach und nach in Schichten aufgetragen bis nahe unter den Niederwasserspiegel. Das Steinfundament wurde dann unter Anwendung eines gewöhnlichen Fangdammes, der auf dem Holzwerke rings um das Gründungsbett ruhte, ausgeführt. Bei dieser Brücke, wie bei der zu Bordeaux,

wurde das Bett vorläufig stärker belastet, als das bleibende Gewicht später war.

Um den Gründungen mehr Sicherheit zu geben, umgeben die Franzosen dieselben gewöhnlich mit einer Masse loser Stei:ie, welche man einwirft und ihr eignes Bett suchen läßt. Wo Pfeiler gebraucht werden und in einige Höhe über den Boden aufsteigen, gebrauchen sie zuweilen, außer den losen Steinen, einen Rost von starkem Holze, der zwischen den Pfählen liegt und sie einschließt, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben und das Auswärtstreiben zu verhindern. In Flüssen mit starker Strömung, wo das Bett in Gefahr ist, weggespült zu werden, wurde in einzelnen Fällen eine künstliche Bedeckung mit den in Mörtel gelegten Steinen unter den Bogen und ober- und unterhalb des Pfeilers angewendet. Bei der Brücke zu Bordeaux wurden lose Steine über das Flußbett zwischen den Pfeilern ausgebreitet, und dies hat vollkommen entsprochen, indem die Steine nach wenigen Jahren in eine feste Masse durch den thonigen Absatz des Flusses verbunden waren. Bei der eleganten gußeisernen Brücke über den Lary bei Plymouth nahm man ein ähnliches Mittel vom Schutze des Bettes, das von rutschendem Sand ist, zu Hülfe. Der Ingenieur Rendel legte zuerst eine Schicht von compactem Thon über das Sandbett und legte dann in diesen Thon lose Steine. Diese wohlfeile Methode hat den Erwartungen des Ingenieurs vollkommen entsprochen.

Die englischen Ingenieure haben besonders die Lehrgerüste verbessert, und bei ihren kühnsten Bögen zeigt sich nach der Auslösung des Lehrgerüstes nie eine Senkung des Bogens, wie sie den französischen Ingenieuren gewöhnlich vorkamen; es kann in Folge eines großen Fehlers in dem Plane oder sehr unvollkommener Ausführung liegen. Bei ihren neueren

Brücken liegt die Straße entweder auf Platten, die auf leichten Mauern parallel mit den Stirnmauern liegen, oder die Straße ruht auf leichten cylindrischen Gewölben. Bei den Gründungen haben sie gewöhnlich den Fangdamm vorgezogen, welcher, wenn auch in manchen Localitäten kostspieliger, eine größere Leichtigkeit und größere Sicherheit der Ausführung gewährt. Bis vor Kurzem ist in England bei Weitem nicht die ausgedehnte Anwendung von Beton vorgekommen, wie in Frankreich.

II. Hölzerne Brücken.

Eine hölzerne Brücke besteht wesentlich aus drei Theilen, erstlich den Pfeilern und Widerlagern, welche dem Zimmerwerke der Brücke als Stützpunct dienen; zweitens, diesem Zimmerwerke, welches den Oberbau zwischen diesen Stützpuncten trägt, und drittens, aus dem Oberbaue, nämlich der Straße, der Brustwehr, der Bedachung ꝛc.

Die Landfesten und Pfeiler sollen von Stein sein oder von Holz; die ersten sind den anderen vorzuziehen, theils wegen ihrer größeren Dauerhaftigkeit, theils weil sie den Zufällen gegenüber, denen Brückenpfeiler durch Fluthen, Eis u. dergl. ausgesetzt sind, mehr Sicherheit gewähren.

Die Form, Abmessungen und die Construction der steinernen Landfesten und Pfeiler hängt bei hölzernen Brücken, wie bei denen von Stein, von der Localität und der Art des gewählten Zimmerwerkes ab. Ist dieses so construirt, daß kein Seitenschub Statt findet, so müssen dir Pfeiler so stark sein, daß sie das Gewicht der Brücke tragen und zugleich den Stößen, welche bei Anschwellungen und durch Eis auf sie geschehen, widerstehen können.

Für die Landfesten ist außerdem der Druck des Erddammes der Auffahrt zu berücksichtigen.

Uebt die Brücke einen Seitenschub auf die Pfeiler aus, so muß die Form und die Stärke der Widerlager hiernach bemessen werden. Den Pfeilern giebt man hierbei zweckmäßig eine solche Stärke, daß sie den ganzen Schub von einer Seite auszuhalten vermögen, auch wenn das Zimmerwerk, etwa der Ausbesserung wegen, auf der andern Seite weggenommen worden ist. Die Pfeilerköpfe müssen in allen Fällen bis über den höchsten Wasserstand aufgeführt werden; der Theil des Pfeilers, welcher die Straßenbäume trägt, kann von hieraus mit ebenen Flächen gebaut werden.

Hölzerne Widerlager kann man in einem Blockkasten bestehen lassen, welcher aus großen quadratischen Hölzern besteht, die man horizontal übereinanderlegt, um die Außenseite des Widerlagers zu bilden. Diese Stücke werden an den Enden übereinandergeplattet und überdieß durch diagonale Bänder und eiserne Bolzen zusammengehalten. Den Raum zwischen den Blockwänden, welche gewöhnlich in der genannten Weise nur auf drei Seiten aufgebaut werden, füllt man mit gut eingerammter Erde oder mit Trockenmauerung aus.

Ein hölzernes Widerlager von etwas ökonomischerer Art bildet ein Bollwerk. Hierzu werden in der Entfernung von einigen Fußen auseinander verticale oder schwachgeneigte Pfähle eingerammt, auf welchen man einen Holm aufzapft und hinter ihnen eine Spundwand von dicken Bohlen eintreibt, welche die Erde festhält. Hölzerne Pfeiler kann man nach denselben Methoden construiren, aber sie sind plump und in jeder Beziehung den steinernen Pfeilern oder den Jochen, wie sie später beschrieben werden, nachstehend.

Die einfachste Art eines hölzernen Pfeilers, Jochs, besteht aus eingerammten runden oder vierkantigen Pfählen in einer Reihe, 0,6 bis 1,2 Met. auseinander. Diese Pfähle sind in gleicher Höhe abgeschnitten und in eine horizontale Kronschwelle eingezapft, oder durch Bolzen oder Nägel daran befestigt. Andere Hölzer umfassen die Jochpfähle paarweise und sind mit denselben verkämmt, um Alles fest zu verbinden; diese Gurthölzer liegen gewöhnlich schief gegen den Horizont. Die Pfähle eines Joches liegen in der Richtung des Stroms. Wenn man es für nothwendig erachtet, bringt man noch zwei horizontale Gurthölzer gerade unter dem niedrigsten Wasserstande an. Bei einem Pfeiler dieser Art werden die Pfeilerköpfe durch Schrägpfähle oben und unten an dem Joche ersetzt.

Fig. 232. Aufriß eines hölzernen Pfeilers oder Joches.

a, a, Grundpfähle.

b, b, Gurthölzer, welche die Pfosten c, c tragen, die selbst wieder die Straßenträger i, i unterstützen.

d, der Eisbalken.

e, unterer Schrägpfosten.

f, Gurthölzer, paarweise angebracht.

g, g, schiefe Gurtungen.

h, Kronschwelle auf den Pfosten, unter den Straßenträgern.

A, Straße.

B, Brustwehr.

Ein bedeutender Vorwurf, den man dieser Art von Jochen machen muß, ist die Schwierigkeit, einen der Jochpfähle, nachdem er schadhaft geworden ist, auszuwechseln. Um diesem Uebel abzuhelfen, hat man vorgeschlagen, starke Grundpfähle in der Richtung des Joches einzutreiben, und diese Pfähle unter dem

niedrigsten Wasserspiegel durch vier horizontale Gurtbalken zu verbinden. Die beiden obern dieser Balken haben viereckige Einschnitte, um die Enden der Pfosten aufzunehmen, welche auf den Grundpfählen ruhen. Das Uebrige kann, wie oben angegeben, construirt werden. Bei dieser Anordnung können die Pfosten leicht ausgewechselt werden und ruhen auf einem soliden, dem Verderben nicht ausgesetzten Unterbaue; auch kann man kürzere Hölzer gebrauchen.

Fig. 233, Grundriß **O** und Aufriß **M**, Querschnitt **N** der Verbindung der Grundpfähle eines Joches mit den Jochpfosten.

a, Grundpfähle.

b, Gurthölzer, zusammengeschraubt.

c, Pfosten.

In tiefem und besonders in reißendem Wasser kann eine Reihe von Grundpfählen für ungenügend gehalten werden, den Pfosten die gehörige Stabilität zu geben; und man hat daher vorgeschlagen, dem Unterbaue hinreichende Breite zu geben, um die Pfosten von der Seite her verstreben zu können. Hierzu soll man für jeden Pfosten drei Grundpfähle eintreiben, einen gerade unter demselben und die andern zwei auf beiden Seiten desselben, rechtwinklig auf die Richtung des Joches. Die Entfernungen zwischen diesen drei Pfählen muß man nach der den Streben zu gebenden Länge bemessen. Die Köpfe der drei Pfähle werden in gleicher Höhe abgeschnitten und durch zwei horizontale Gurten unter dem Wasserspiegel verbunden. Ein viereckiges Loch in diesen Gurthölzern über dem mittleren Pfahle nimmt den Pfosten auf. Die Pfosten sind unter sich durch zwei weitere Gurthölzer verbunden, welche auf den ersten ruhen und sind durch zwei Streben verstärkt.

An Orten, wo man keine Pfähle eintreiben kann, muß man die Pfähle der Joche an dem Boden

durch einen Rost festhalten, den man so anordnet, daß er die Enden dieser Pfähle umfaßt. Nachdem das Gründungsbett zur Aufnahme des Rostes passend zubereitet ist, wird dieser in die richtige Lage geflößt und dort versenkt, wobei man entweder vorher oder erst nach dem Versenken die Pfähle in demselben befestigt. Der Rost wird mit losen Steinen beschwert; zu weiterem Schutze für die Joche kann man die Pfähle mit Bohlen bekleiden und den Raum zwischen den Bohlen mit Kies ausfüllen. Auch kann man, wo es nothwendig ist, Joche aus zwei parallelen nur wenige Fuße von einander entfernten Reihen von Pfählen erbauen, welche man gegenseitig durch Quer- und Diagonalbänder gegeneinander stützt.

Da die Joche starke Stöße nicht aushalten können, so bringt man vor dieselben in einiger Entfernung stromaufwärts Eisbrecher vor jedes Joch. In Strömen mit mäßiger Geschwindigkeit reicht ein einzelner geneigter Balken, der mit starkem Eisenbleche beschlagen ist und von Pfählen getragen wird, hin. Aber in reißenden Strömen muß ein Bollwerk, das die Form einer dreiseitigen Pyramide hat, deren gegen den Strom gerichtete Kante mit Eisen beschlagen ist, erbaut werden, um die heftigen Stöße aufzunehmen. Das Bollwerk wird mit Steinblöcken ausgefüllt.

Fig. 234. Aufriß des Unterbaues eines hölzernen Joches.

a, Pfosten.
b, b, Grundpfähle.
c, c, Gurthölzer quer über das Joch.
d, d, Streben.
e, e, Gurthölzer längs des Joches.

Fig. 235. Aufriß M und Grundriß N eines einfachen Eisbrechers.

a, a, Grundpfähle.

b, b, Gurthölzer.
c, c, Pfosten.
d, geneigter Eisbalken, mit Eisen beschlagen.

Die Weite zwischen den Jochen hängt von localen Umständen ab. Nach einer allgemeinen Regel kann die Jochweite größer und bei gekrümmten Hölzern die Pfeilhöhe kleiner sein, als bei steinernen Brücken. Bei der Anordnung dieser Theile muß der Ingenieur im Auge behalten, daß hölzerne Brücken häufigere Reparaturen bedürfen, als Steinbrücken, weil das Material verdirbt und das Schwinden und die Vibrationen die Fugen auseinanderreißen, und daß die Schwierigkeiten des Auswechselns der schadhaften Theile sehr schnell mit der Jochweite wachsen.

Fig. 236. Aufriß M und Grundriß N des Zimmerwerkes eines Eisbrechers, das mit Steinen ausgefüllt werden soll.

Holzbrücken können in zwei Hauptclassen gebracht werden. Bei der einen übt die Holzverbindung, sie mag aus geraden oder gekrümmten Balken bestehen, einen Seitenschub auf die Landfesten und Joche aus; bei ihnen liegt gewöhnlich der Oberbau über der tragenden Holzverbindung. Bei der andern Classe giebt der Brückenbau keinen Seitenschub auf die Stützpuncte, und man kann die Brückenbahn als an dem Zimmerwerke aufgehängt betrachten.

Jede der früher in der, der Zimmerung gewidmeten Abtheilung betrachteten Verbindungen von geraden oder gekrümmten Hölzern kann bei Brücken angewendet werden. In den letzten Jahren haben im Allgemeinen die Ingenieure die Verbindungen von geraden Hölzern denen von gekrümmten vorgezogen, weil jene einfacher und leichter auszuführen und zugleich wohlfeiler sind, indem die Bogenzimmerwerke mehr Eisen, als Bolzen, Bänder u. dergl, verlangen, als Zimmerwerke aus geraden Hölzern, und auch bei

dem Aufschlagen und Verbringen der Zimmerwerke auf ihre Unterlagen mehr Vorrichtungen erfordern.

Die Anzahl der Rippen einer Brücke hängt von der verlangten Stärke der Brücke und von der Stärke der Rippen selbst ab. In der ersten Classe der Brücken, bei welchen die Brückenbahn gewöhnlich über dem Zimmerwerke liegt, kann man jede beliebige Zahl von Rippen anwenden, und diese entweder in gleichen Entfernungen aufstellen, oder so, daß sie die beste Unterlage für die über die Brücke gehenden Lasten giebt. Bei der zweiten Brückenclasse, bei der die Zimmerung über der Brückenbahn liegt, oder doch über diese vorspringt, bringt man eine oder zwei Rippen an jeder Stirnfläche aufgestellt. Die Fußwege werden dabei gewöhnlich entweder zwischen die beiden mittleren Rippen angebracht, oder, wenn zwei äußere Rippen auf jeder Seite sind, zwischen diese.

Die Art, wie man zwei Rippen construirt und durch Querbänder und diagonale Riegel verbindet, ist bei Brücken dieselbe, wie für jede andere Holzconstruction; dabei muß man besonders auf Stärke und Steifheit der ganzen Verbindung sehen, weil alle Bewegungen der einzelnen Theile der Brücke verderblich sind. Bei Sprengwerken, welche einen Seitendruck auf die Widerlager und Joche ausüben, müssen die dicksten Puncte des Holzwerkes immer noch über dem gewöhnlichen Hochwasser liegen; und dort, wo in dem Holzwerke die Fasern durch zu großen Druck angegriffen werden, muß man Metallplatten in die Fugen legen.

Die Brückenbahn besteht gewöhnlich aus einem einfachen Boden von Bohlen, Deckhölzern, welche die Bahn von Holz oder Stein tragen, und welche auf den quer über die Rippen gehenden

Straßenträgern liegen. Eine jetzt gewöhnlichere und bessere Methode ist, Langschwellen von kleinerem Querschnitte über die Straßenträger zu legen und erst von diesen die Brückenbohlen tragen zu lassen. Diese Methode bewahrt die Straßenträger besser, als die erste vor Feuchtigkeit. Ueberdieß bringt man, wo die Lage der Brückenbahn diagonale Streben in verticalen Ebenen nicht zulassen, zwischen jedem Paar Straßenträgern horizontale Andreaskreuze zur festern Verbindung des ganzen Brückenkörpers an.

Steinpflaster, oder eine Ueberschüttung mit Kies, ist für hölzerne Brücken nicht zu empfehlen, da beide die Feuchtigkeit aufhalten; dagegen stellt man die Brückenbahn aus Bohlen her, welche für eine Pferdebahn in zwei Lagen genommen werden, so daß man bei der Auswechslung, in Folge der Abnutzung, nur die oberste Lage wegzunehmen hat. Die Fußwege bestehen aus einem leichteren Boden, welcher gewöhnlich etwas über die Fahrbahn erhöht ist.

Liegt die Brückenbahn über dem Zimmerwerke, so erfordert die Sicherheit ein Geländer, das man aus Holz, Eisen oder beiden zugleich herstellen kann. In der Regel ist dasselbe von Holz und besteht in einer Boden- und einer Brustpfette, welche durch Pfosten und diagonale Streben verbunden sind. Ein hölzernes Geländer kann außer seinem nächsten Zwecke auch noch die Tragkraft und Steifheit der Brücke vermehren, wenn das Holz von angemessener Stärke genommen und fest mit den äußeren Rippen verbunden ist.

Bei Brücken, deren Rippen über der Brückenbahn liegen, wird eine Verschalung von dünnen Bretern an den Seiten und ein leichtes Dach über den Bau geführt, um denselben gegen die Witterung zu schützen. Dabei können die Balken des Daches zugleich als Bänder für die Rippen dienen und durch

diagonale Riegel verstrebt werden, wie die Straßenträger. Die Sparren kann man dabei, wenn eine Mittelrippe der Brücke nicht vorhanden ist, als Streben für Hängesäulen gebrauchen, von denen die Straßenträger in der Mitte getragen werden.

Liegt die Brückenbahn über dem Zimmerwerke und hat die Bedeckung einen hinreichenden Vorsprung über dasselbe, so ist es hierdurch hinreichend geschützt, wenn es nicht gar zu tief ist; in diesem Falle muß man demselben ebenfalls eine Bekleidung geben.

Das Zimmerwerk einer Brücke, die gedeckt und gehörig verschalt ist, um das erste trocken zu erhalten, bedarf keines Anstriches. Andernfalls gebraucht man die gewöhnlichen Mittel gegen die atmosphärischen Einflüsse. Die untere Fläche und die Fugen der Bohlen der Brückenbahn kann man bei Pferdezug mit Mineraltheer anstreichen; bei Eisenbahnbrücken, die nicht von Pferden betreten werden, kann man metallische Bekleidungen gebrauchen.

Bei hölzernen Brücken kann wenig auf architectonische Schönheit gesehen werden; ihre Schönheit entspringt aus der Einsicht in die Zweckmäßigkeit der gewählten Construction, welche sich dem gebildeten Beschauer aufdrängt. Liegen die Brückenbahn und die Brustwehr über dem Zimmerwerke, so bringt man durch Verbindung der Straßenträger mit den Brükkenbohlen ein einfaches Karnies zu Stande, welches mit der Brustwehr ein gefälliges Ansehen giebt und zugleich das unterliegende Holzwerk vor der Witterung schützt. Bei gedeckten Brücken ist Alles, was man thun kann, ein eintöniger Anstrich. Beinahe immer sind gedeckte Brücken wegen ihrer geringen Höhe verglichen mit ihrer Länge unansehnlich, und von einem Puncte aus gesehen, wo man sie ganz übersieht, scheinbar unsicher; und jeder Versuch, durch Bemalung denselben das Ansehen eines Hauses, einer

steinernen Brücke zu geben, welcher selbst bei dem Unwissenden scheitern muß, wird dem Kenner nur den schlechten Geschmack des Erbauers zeigen.

Die Kunst, hölzerne Brücken zu erbauen, ist in jedem Theile der civilisirten Erde, der Holz hat, zu großer Vollkommenheit gebracht worden, da Holz zu jeder Zeit das Hauptmaterial war. Die neuern Brücken der Schweiz und in Deutschland nehmen in Europa den ersten Rang ein, beides durch die Kühnheit ihrer Zeichnung und die durchdachte Anordnung und Verbindung. Diese schönen Bauten sind nach den Vereinigten Staaten verpflanzt worden, und die americanischen Brücken und die Kunst der dortigen Ingenieure und Zimmerleute, welche bei denselben an den Tag gelegt wurden, haben die verdiente Berühmtheit in der wissenschaftlichen Welt erlangt. Die neuern Bauten dieser Classe zeichnen sich vortheilhaft durch einfache Anordnung, vollkommene Ausführung und Kühnheit des Entwurfs aus. Lassen sie einen Vorwurf zu, so ist es der des zu kühnen Entwurfs, indem sehr große Spannweiten mit Rippen von durchbrochenen Balken überbaut sind, welche entweder ganz frei liegen oder nur unvollkommen an Zwischenpuncten unterstützt sind, sei es durch Schirrbalken oder Brustriegel mit Streben. Dieser Fehler zeigt sich mehr oder weniger deutlich in der schwingenden Bewegung, welche man an einigen der neuern Eisenbahn- und andern Brücken fühlt, und welche ein Laßwerden der Fugen und Einsenken der Brückenbahn mit sich führt.

Die folgende Tafel enthält die wichtigsten Dimensionen einiger der berühmtesten americanischen und europäischen hölzernen Brücken.

Name der Brücke.	Zahl der Oeffnungen.	Größte Lochweite.	Pfeil od. Tiefe der Rippen.
		Meter.	Mete
Brücke zu Schaffhausen (A) . .	2	58,8	—
Brücke über den Kandel (B) .	1	50,6	—
Brücke zu Bamberg } (C) . . .	1	63,4	5,15
Brücke zu Freysing }	2	46,6	3,41
Essexbrücke (D)	1	76,2	—
Obere Schuylkillbrücke (E) . .	1	103,6	6,10
Market-Street-Brücke (F) . . .	3	59,4	3,66
Trentonbrücke (G)	5	61 0	8,23
Columbiabrücke (H)	29	61,0	—
Richmondbrücke (I)	19	46,6	4,69
Springfieldbrücke (K)	7	54,9	5,49

A. Diese berühmte Schweizerbrücke, von Johann Ulrich Grubenmann, einem Zimmermann, im Jahre 1757 erbaut, bestand aus zwei Oeffnungen, die eine von 58,8, die andere von 52,4 Metern Weite. Das Zimmerwerk war aus zwei Rippen, mit der Brückenbahn zwischen sich, gebildet. Jede Rippe war in mancher Hinsicht wie ein offen gebauter Balken gezimmert; die obere Schwelle war von einer Anzahl geneigter Streben getragen, welche sich gegen die Landfesten und den Pfeiler stützten; die untere Schwelle wurde an die obere durch Hängesäulen angehängt, und trug ihrerseits die Straßenbalken. Das Ganze war mit Bolzen, Stegen und eisernen Bändern fest zusammengehalten. Die Brücke wurde 1799 von den französischen Truppen zerstört. Bemerkenswerth in ihren Tagen, zeigen die vorhandenen Zeichnungen, während sie den Erfindungsgeist und die Kunst ihres Erbauers bezeugen, einen merk-

würdigen Contrast mit den gleich kühnen aber weniger zusammengesetzten Bauten der nämlichen Art, welche in neuerer Zeit in den Vereinigten Staaten errichtet wurden.

B. Dieß ist ebenfalls eine Schweizerbrücke im Kanton Bern. Ihre Rippen sind aus dicht verbundenen Balken gebildet, welche in der Dicke von der Mitte der Brücke nach Außen abnehmen. Diese Abnahme geschieht in Staffeln, wodurch der gebaute Balken das Ansehen einer Reihe von übereinander gelegten Spannriegeln erhält, gegen deren Enden Streben sich stützen, welche mit den andern Enden auf den Landfesten ruhen. Die Brückenbahn liegt über den gebauten Balken.

C. Diese beiden Brücken mit vielen ähnlichen sind von Wiebeking in Deutschland erbaut. Die Rippen bestehen aus gekrümmten geschlossen gebauten Balken, auf welchen die Straßenträger liegen. Diese Methode der Construction verbindet große Stärke und Steifheit. Sie ist kostspieliger als Zimmerwerke aus geraden Balken, da sie einen größern Aufwand von Eisen und zusammengesetztere mechanische Mittel für ihre Construction erfordert, als die letztere, und die Rippen sind zwar steif, aber durch das Biegen geschmückt.

D. Die Essexbrücke ist ein merkwürdiger Bau über den Merrimak in der Nähe von Newburyport. Die Rippen sind gekrümmt, offen gebaute Balken, von denen jeder aus drei concentrischen geschlossen gebauten Balken besteht, welche in Zwischenräumen längs der Rippen durch zwei radial gestellte Stücke von hartem Holze vereinigt sind, welche in Zapfenlöcher durch die Mitte jedes Balkens passen, und durch lange, hölzerne Keile, welche in der Richtung des Krümmungshalbmessers zwischen die beiden radialen Hölzer eingetrieben sind. Jeder der geschlossen ge-

bauten Balken der Rippen besteht aus zwei einzelnen übereinander gelegten Balken, welche aus stumpf zusammengestoßenen Stücken von 4 bis 5 Meter Länge mit wechselnden Fugen zusammengesetzt und durch Schließen von hartem Holze, welche in Löchern durch beide Dicken der Balken gehen, zusammengehalten sind. Durch diese Anordnung hat der Architect gesucht, die krumme Form der Balken und den Parallelismus der geschlossenen Balken zu erhalten und zugleich alle Theile fest zu verbinden. Diese Verbindung ist ein geistreicher Versuch, einen Bogen von Holz nach ähnlichen Principien zu erbauen, wie einen steinernen Bogen; aber sie steht den einfacheren und gebräuchlicheren Methoden, gekrümmt offen gebaute Balken mit radialen und diagonalen Stücken zu bilden, nach.

Fig. 237 zeigt in der Seitenansicht einen Theil der offen gebauten Rippen der Brücke über den Schuylkill bei Philadelphia.

A der untere gekrümmte solid gebaute Balken.

B Firstbalken.

a, a Pfosten.

c, c diagonale Streben.

o, o diagonale eiserne Bänder.

m, m eiserne Ketten, welche in die Landfesten verankert sind.

E. Die obere Schuylkillbrücke ist entworfen und erbaut von L. Wernwog; sie hat die größte bekannte Spannweite. Die Brücke, siehe Fig. 237, wird von fünf Rippen getragen. Jede Rippe ist ein offen gebauter Balken, der aus einem geschlossen gebauten Bodenbalken und einem einfachen Firstbalken besteht, welche durch radiale Pfosten, diagonale Streben und geneigte eiserne Bänder verbunden sind. Die krumme Bodenschwelle besteht in drei concentrischen geschlossen gebauten Balken, kaum voneinander abstehend, von denen jeder sieben Lagen von einfachen Balken

enthält, jede Lage 15 Cent. dick und 33 Cent. breit. Die einzelnen Schichten, wie auch die concentrischen Balken, sind stark durch eiserne Bolzen u. dergl. zusammengehalten. Auf jeder Seite der mittleren Rippen ruht auf den Bodenbalken eine Fahrbahn, und zwischen den beiden äußern Rippen sind die Fußwege angebracht. Die Brücke ist bedeckt und äußerlich verschaalt.

F. Auch diese ist eine der vielen von Wernwog entworfenen und in Pennsylvanien und Jersey erbauten Brücken. Sie hat drei Rippen, welche so weit auseinander stehen, daß zwischen je zwei eine Fahrbahn und ein Fußweg liegt. Jede Rippe ist ein offen gebauter Balken, bestehend aus einem gekrümmten geschlossen gebauten Bodenbalken, in welchen radiale Pfosten eingezapft sind, welche aber durch einen einfachen Firstbalken verbunden sind. Zwischen jedes Paar radiale Pfosten ist eine einzelne diagonale Strebe angebracht. Langschwellen reichen von dem Scheitel der gekrümmten Rippen der einen Brückenöffnung zu dem der nächsten, und auf dieser liegen quer die Straßenträger.

Fig. 238 giebt eine Seitenansicht eines Theiles der Trentonbrücke.

A geschlossen gebauter gekrümmter Balken.

a, a, a Querschwellen, welche an den Tragbogen A durch eiserne Ketten b, b hängen.

c, c, c diagonale Streben.

B Pfeiler.

C Dach über dem Pfeiler.

G. Bei diesem schönen Baue sind die Straßenträger an einen gekrümmten geschlossen gebauten Balken mit Ketten und Eisenstangen aufgehangen. Die Spannweite der mittleren Oeffnung ist 61 Meter die der beiden anliegenden 54,9, die der äußerste, 48,8 Meter. Die Brücke wird von fünf Rippen

getragen, siehe erwähnte Fig. 218, und hat dieselbe Anordnung für die Fahrbahn und Fußwege, wie die obere Schuylkillbrücke. Jede der mittleren Rippen ist aus acht Lagen von gekrümmten Hölzern gebildet; jede Schicht ist 10 Cent. dick und 33 Cent. breit. Die beiden äußersten Rippen haben 9 Schichten von Hölzern von gleichem Querschnitte. Geneigte hölzerne Zangen verbinden den Tragbogen und die Hölzer der Brückenbahn. Die Rippen sind im Scheitel durch Querschwellen und diagonale Streben verbunden. Aeußerlich ist das Zimmerwerk durch verticale und horizontale Holzstützen gegen das obere Ende der Pfeiler verstrebt. Die Brückenbahn ist von Bohlen hergestellt, welche auf Langschwellen liegen, die ihrerseits wieder von den Straßenbäumen getragen werden. Die Straßenträger sind durch diagonale Streben verbunden. Die Landfesten und Pfeiler sind von Stein, die letztern sind an dem Kämpfer 6 Meter dick.

Fig. 239 eine Seitenansicht eines Theils einer Rippe von Burr's Brücke.

a, a Bogenbalken.
d, d Hängsäulen.
b, b Streben.
c, c Sehnen, Tragbalken.
e, e Firstbalken.
o, o Straßenträger.
n, n Gegenstreben.
i, i Balken des Daches.
A Theil des Pfeilers.

H. Die Columbiabrücke ist, wie mehre in Pennsylvanien, in neuerer Zeit für Eisenbahnen, Aquäducte ꝛc. erbaute Brücken nach den Plänen von Burr errichtet, welche in Figur 239 einestheiles daran ersichtlich ist, daß jede Rippe als einen offen gebauten Balken von geradem Holze bildet, und diesen mit

einem Bogenbalken aus zwei oder mehren Hölzern verbindet, zwischen welchen der offen gebaute Balken eingeschlossen ist. Der letzte besteht aus einem horizontalen Bodenbalken von zwei Lagen Holz, die Tragbalken, die Sehnen genannt, welche Hängsäulen umfassen, zwischen welchen ein einzelner Firstbalken liegt, welcher auf den Hängsäulen ruht, mit denen er durch eine Verzapfung verbunden ist, und endlich aus diagonalen Streben und anderen kürzeren Streben zwischen den Hängsäulen. Die Bogenbalken sind mit den Hölzern des offenen Balkens durch Bolzen verbunden. Das Zimmerwerk der Brücke kann aus zwei oder mehren durch Querhölzer verbundenen Rippen bestehen. Die Brückenbohlen, welche in Fig. 240 ersichtlich sind, liegen auf den querliegenden Straßenträgern, die entweder auf den Sehnen liegen oder zwischen diesen und den Firstbalken angebracht sind.

Die Anordnung der Fahrbahnen und der Fußwege zwischen den Rippen kann verschieden sein.

Fig. 240 zeigt die Hälfte des Querschnittes von Fig. 239 durch den Scheitel der Bogenbalken; die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie Fig. 239.

c Dachsparren.

h, h diagonale Streben des Brückenzimmerwerkes.

B Seitenansicht des Pfeilers.

Zwischen der von Burr angenommenen Verbindung und den beiden zuletzt beschriebenen Brückenzimmerungen ist viel Aehnliches. Der Hauptunterschied besteht in der Anwendung der Bodenbalken zur Verstärkung des offenen Balkens. Die Zimmerung dieses Balkens ist fehlerhaft, indem der Firstbalken nicht allein von geringeren Dimensionen ist, als der Bodenbalken, sondern auch noch durch die Zapfenlöcher geschwächt ist, und überdieß den Hängsäulen keinen andern Stützpunct giebt, als den Holznagel,

welcher den Zapfen der Hängesäule festhält. Von der Art, wie die Bogenbalken gebildet und mit den offenen Balken verbunden sind, ist ersichtlich, daß sie, wenn immer, nur wenig mehr zur Verstärkung des letzten beitragen, als gerade Streben von dem Anfange dieses Bogens nach dessen Scheitelpunct hin gethan hätten; und sie sind weniger wirksam, als geneigte Streben sein würden, welche an den Pfeilern dieselbe Lage hätten und sich gegen einen Brustbalken unter der Mitte des untern oder obern Balkens des offenen Balkens stützten. An Orten, wo schönes Holz weniger häufig ist, als in denen, wo Burr seine Brücken erbaut hat, würde eine richtige Sparsamkeit unzweifelhaft zu einer Auswahl von Formen für die secundären Theile des Zimmerwerkes geführt haben, welche ein so wüstes Zerschneiden dieser Theile, wie es die Figuren zeigen, nicht hätten erforderlich gemacht.

I. Die Richmondbrücke ist unter der Aufsicht von Moncur Robinson, Esq., nach Town's Plan erbaut. Die Weite der Brückenöffnungen wechselt von 39,6 Meter bis 46,6 Meter. Sie besteht aus zwei Rippen, von denen jede aus einem doppelten Gitterwerke zusammengesetzt ist, mit zwei Balken am Boden und einem oben. Die Brückenbahn für Schienen ruht auf den obern Straßenträgern. Die Rippen sind durch diagonale Streben in verticalen Ebenen und durch horizontale zwischen den obern Straßenträgern und den untern Verbindungsruthen verbunden. Die Pfeiler sind gemauert und 12,2 Meter über den niedrigsten Wasserstand aufgeführt, 1,2 Meter dick am obern Ende. Das Beispiel, das hier, wie Fig. 241 zeigt, ausgewählt wurde, ist von einer andern Brücke von nahe der gleichen Spannweite, die von demselben Ingenieur nach der Richmondbrücke erbaut wurde, in welcher man den

Fußbalken ebenfalls doppelt nahm, da die ältere Brücke zu schwach erfunden wurde.

Fig. 241 zeigt den Querschnitt einer Eisenbahnbrücke mit Town's Balken, bei der die Schienen auf einem Boden über dem Balken ruhen.

a, a doppeltes Gitterwerk.

c, c doppelte First- und Bodenschwellen.

b, b diagonale Streben zweier Rippen in verticaler Ebene.

d, d obere und untere Querschwellen.

e, e Bodenschwellen.

n Querschwellen für die Schienen.

o, o Schirrbalken oder Lagerbalken auf den Pfeilern.

f Verschalung gegen die Witterung.

Diese Brücke ist nach Howe's Plan construirt. Sie besteht aus zwei Rippen, s. Fig. 242, die am Boden und an der Firste in der gewöhnlichen Weise durch Querschwellen und diagonale Streben verbunden sind. Die Brückenbahn ruht auf den Querschwellen, welche am Boden der Rippen angebracht sind. Die Brücke ist nicht gedeckt, wie gewöhnlich der Fall; dagegen sind die Rippen an der Seite und oben durch eine Bretterverschalung geschützt, die Brückenbohlen aber durch eine metallische Bedeckung.

Fig. 242 giebt eine Seitenansicht des Balkens und eine Endansicht des Pfeilers M und einen Querschnitt der Brücke und des Pfeilers N; endlich einen Grundriß O des Pfeilers der Eisenbahnbrücke zu Springfield.

A geneigte Fläche des Eisbrechers an dem Pfeilerkopfe.

a, a eiserne Anker, mit denen die Rippen gegen die Pfeiler festgehalten werden.

Die Brücken nach dem Plane des Colonel Long sind meistens für mittlere Spannweiten erbaut wor-

den. In der gedruckten Beschreibung der verschiedenen Verbesserungen dieses Systems führt Long ganz zweckmäßige Streben ein, welche er Bogenstreben nennt und entweder unter der First oder der Bodenschwelle, je nach der Localität anbringt, um dem Einsinken vorzubeugen, welches nothwendig bei allen offen gebauten Balken von beträchtlicher Spannweite ohne diese Unterstützung vorkommen muß.

III. Gußeiserne Brücken.

Gußeiserne Brücken lassen noch größere Kühnheit der Zeichnung zu, als hölzerne und sind dabei dauernder; sie werden nahe unter denselben Umständen gebraucht, unter denen Holzconstructionen passend sind.

Die Widerlager und Pfeiler werden hier von Stein erbaut, weil die Einwirkung des Salzwassers oder des unreinen süßen Wassers eiserne Stützen sehr bald unsicher machen würde; Holz wäre unter gleichen Umständen noch weniger dauerhaft, als Gußeisen.

Die Form und die Dimension der steinernen Landfesten und Pfeiler werden nach denselben Grundsätzen bestimmt, wie für hölzerne Brücken mit Bogenwerk. Die Pfeiler werden entweder bis zur Höhe der Brückenbahn aufgeführt, oder sie werden bei'm Anfange des gußeisernen Sprengwerkes geendigt und bilden Stützpuncte für gußeiserne Säulen, welche die Straße tragen.

Die krummen Rippen der gußeisernen Brücken haben verschiedene Abänderungen und Verbesserungen erhalten. Bei den früheren Brücken bestanden sie in verschiedenen concentrischen Bögen oder gekrümmten Balken, in verschiedener Entfernung übereinander, welche durch radiale Stücke verbunden waren. Die

Zwischenräume zwischen den Bögen und der Straße wurden entweder durch zusammenhängende Ringe oder durch verticale Träger von Gußeisen ausgefüllt. Auf diesen liegen die Straßenbäume.

In der darauf folgenden Zeit wurden die Rippen weniger tief gemacht und aus Segmenten oder aus in Einem Stücke gegossenen Gewölbstücken zusammengesetzt, wobei jedes solche Stück aus drei concentrischen Bögen, verbunden durch radiale Stücke, besteht; angegossene Flanschen und andere Einrichtungen erlauben die feste Verbindung durch schmiedeeiserne Keile, Schraubenbolzen u. dergl. Die ganze Rippe hat dann das Ansehen von drei concentrischen Ringen, welche durch radiale Bänder zusammengehalten werden. Ueber den Bögen tragen Fachstücke, ähnlich denen der krummen Rippen, mit Ringen oder Trapezen, die Straßenbäume; die Rippen sind durch gußeiserne Platten und schmiedeeiserne diagonale Bänder verbunden.

Bei den neueren Bauten werden die Rippen aus gewölbsteinartigen Stücken zusammengesetzt, von denen jedes mit Flanschen ringsum versehen ist und aus einer dünnen, undurchbrochenen Platte besteht; oder die Gewölbstücke sind Röhren, wie sie oben als von Polonceau oder von Delafield beschrieben sind. Die Ausfüllung über dem Bogen besteht entweder aus einer geradlinigen Verbindung oder aus zusammenhängenden Ringen. Die Verbindung der Rippen ist dieselbe wie oben.

Die Straßenbäume und die Bahn selbst können von Holz oder von Gußeisen sein. Bei den neuern englischen Bauten sind sie von Gußeisen; die Straßenbäume sind in die für das Tragen und die Verbindung mit den Rippen passendste Form gegossen; die Deckplatten sind von Gußeisen. Die Fahrbahn und die Fußwege sind in der gewöhnlichen Weise angeordnet und ruhen auf den gußeisernen Deckplatten.

Die Brustwehr besteht meistens aus einer leichten Verbindung von Gußeisen und Schmiedeeisen, welche zu dem Style des ganzen Baues paßt.

Die englischen Ingenieure waren die Führer bei diesem Zweige der Brückenbaukunst und haben ihn in neuerer Zeit bis zu einem hohen Grade von mechanischer Vollendung und architectonischer Schönheit gebracht. Unter den berühmteren Gußeisenbrücken in England gehört die von Coalbrookdale der ersten Periode an; die von Staine und von Sunderland der zweiten, und die Southwarkbrücke in London der dritten Periode; die von Tewkesbury über den Severn, die über den Cary bei Plymouth und eine große Zahl anderer in dem vereinigten Königreich.

Die französischen Ingenieure haben nicht allein die englischen Führer befolgt, sondern auch Neues in den Röhrenbögen von Polonceau versucht. Der Pont des Arts in Paris, eine sehr leichte Brücke für Fußgänger, ist eine Verbindung von Guß- und Schmiedeeisen und gehört zu den ersten Versuchen dieser Art in Frankreich; der Pont d'Austerlitz, ebenfalls in Paris, ist eine ähnliche Verbindung, wie die Brücken von Staines und Sunderland, und gehört ihrer zweiten Epoche an; der Pont du Carrousel nach Polonceau's System gehört nebst mehren andern der dritten Epoche an.

In den Vereinigten Staaten ist kaum ein Anfang in diesem Zweige der Brückenbaukunst geschehen. Die Brücke von 80 Fuß Spannweite mit Röhrenrippen, erbaut von dem Major Delafield zu Brownsville, steht noch allein da und ist gleichzeitig mit denen von Polonceau in Frankreich.

Die folgende Tafel enthält eine kurze Beschreibung einiger der bekanntesten gußeisernen Brücken in Europa.

Namen der Brücke.	Fluß.	Zahl d. Bögen.	Spannweite.	Pfeil d. Bögen.	Zahl der Rippen.	Jahreszahl der Erbauung.	Erbauer.
			Meter	Meter			
Coalbrookdale (A)	Severn	1	30,6	12,2	5	1779	—
Wearmouth (B)	Wear	1	73,1	9,1	6	1796	Bourdon.
Staines (C)	—	1	55 2	5,0	—	1802	—
Austerlitz (D)	Seine	5	32,6	3,2	7	1805	Lamande.
Vauxhall (E)	Themse	9	23,8	—	9	1816	Walker.
Southwark (F)	—	3	73,1	7,3	8	1818	Rennie.
Tewkesbury (G)	Severn	1	51,8	5,2	6	—	Telford.
Lary (H)	Lary	5	30,5	4,4	5	1827	Rendet.
Carrousel (I)	Seine	3	45,7	4,9	5	1838	Polonceau.

A. Dieß ist die erste in England erbaute Brücke; die Rippen sind nahe Halbkreise und bestehen aus drei concentrischen Ringen, welche durch kurze Säulchen in der Richtung des Radius unter sich verbunden sind.

B. Diese Brücke verbindet Wearmouth und Sunderland, erscheint außerordentlich kühn durch ihre große Spannweite wie durch ihre Höhe über dem Wasserspiegel, welche 30 Meter beträgt. Die ganze Rippe sieht wie ein offen gebauter Balken aus, der aus drei concentrischen Bogen mit radialen Verbindungsstücken besteht. Die Füllung über dem Bogen besteht aus zusammenhängenden Ringen, deren Durchmesser vom Scheitel gegen den Anfang des Bogens wachsen, und welche auf der Außenseite der Rippen aufstehen und die Straßenbäume tragen.

C. Die Stainesbrücke ward nach demselben Plane wie die Wearmouthbrücke entworfen; allein die zu schwachen Widerlager gaben dem Horizontalschube, der bei einem so flachen Bogen sehr bedeutend ist, nach.

D. Die Austerlitzbrücke ist nach denselben Grundsätzen erbaut, wie die beiden letzten; sie sieht leicht und hübsch aus. Jede Rippe besteht aus 21 gewölbsteinartigen Stücken von ungefähr 1,2 Meter Tiefe. Die Füllungen über den Bögen sehen wie Fortsetzungen des Bogens nach Außen aus. Die Pfeiler endigen an den Rippen und sind dort 4 Meter dick; die Straße wird durch die nach Oben fortgesetzten Rippen getragen. Die Straße ist horizontal, die Straßenbäume und die Brückenbohlen sind von Holz.

E. Bei dieser Brücke sind die gekrümmten Rippen durchbrochen; über dem Bogen stehen verticale Säulen, die durch Querstücke verbunden sind. Die Pfeiler gehen bis zu den Straßenbäumen hinauf; sie sind bei'm Anfange der Rippen 4 Meter dick.

Die ganze Breite der Brücke ist 11 Meter, wovon auf die Fahrbahn 6,7 Meter kommen.

F. Jeder der beiden äußersten Bögen der Southwarkbrücke hat 93,9 Meter Spannweite. Die Bogenrippen sind je aus 14 undurchbrochenen Stücken zusammengesetzt, von welchen jedes 7 Cent. dick ist und eine 11 Cent. breite Flansche hat. Die Rippe ist am Scheitel 183 Cent. tief, bei'm Anfange des Bogens 244. Ueber den Bögen stehen trapezförmige Fächer mit verticalen Fugen; sie sind auf der Außenseite der Rippen befestigt und tragen die Straßenbäume. Die krummen Rippen sind durch Bindebalken verbunden, welche zwischen die Fugen der Gewölbstücke eingeschoben sind, und stützen sich gegeneinander durch gerippte diagonale Stützen. Die Pfeiler sind bei'm Anfange der Bogen 7,3 Meter dick und sind bis zu den Straßenplatten heraufgeführt. Die Breite der Fahrbahn ist 7,6 Meter, die von jedem Fußwege 2,1 Meter.

G. Diese Brücke ist sehr leicht und elegant. Die Gewölbstücke der Rippen sind von krummlinig begränzten Oeffnungen durchbrochen, welche diese Stücke in rechtwinkelige Figuren mit dichten Seiten und Diagonalen theilen. Jede Rippe besteht aus zwölf solchen Stücken. Die Höhe der Rippen ist 91 Cent.; die Dicke der äußern Rippen ist 6,3 Cent., die der vier innern 5,1 Cent. Die Rippen sind durch gitterartige Bindplatten zwischen den Fugen der Gewölbstücke verbunden und stützen sich auf Anfangsplatten von 91 Cent. Breite und 10 Cent. Dicke. Die Straßenbäume und Straßenplatten sind von Gußeisen. Die Straßenbäume liegen auf viereckig geformten Fachstücken; die Seiten der Vierecke sind gerippt, von der Mitte nach Außen schwächer werdend. Die Rippen des Brückenfachwerks sind auf die gewöhnliche Weise verbunden und verstrebt. Die

Straßenbäume sind der Länge nach über die Rippen gelegt, mit welchen sie fest verbunden sind, und auf diesen liegen gußeiserne Platten, welche die Straße selbst tragen. Die freie Straßenbreite ist 7,3 Meter.

H. Bei der Larybrücke, siehe die Figuren 243 und 244, ging der Ingenieur von der gewöhnlichen Kreissegmentform ab und wählte die elliptische. Die nachfolgende kurze Beschreibung ist aus der von dem Ingenieur über diesen Bau veröffentlichten Nachricht genommen.

Die Anordnung unterscheidet sich wesentlich von andern Bauten ähnlicher Art; zuerst in der Mauerung der Pfeiler, welche bei dem Anfange des Bogens aufhören; zweitens in der krummlinigen Form der Pfeiler und Landfesten; drittens in der Anwendung elliptischer Bogen.

Der mittlere Bogen hat 30,5 Meter Spannweite und 4,4 Meter Pfeilhöhe Die Dicke der Pfeiler ist, wo sie am geringsten ist, 3 Meter. Die anstoßenden Bögen haben jeder 29 Meter Spannweite und 4 Meter Pfeilhöhe; die Pfeiler sind 2,9 Meter dick. Die äußersten Bogen haben jeder 24,7 Meter Spannweite und 3,2 Meter Pfeilhöhe. Die Landfesten sind in ihrer kleinsten Dimension 4 Meter dick und bilden an der Rückseite starke Bögen, welche sich gegen Bogenmauern stützen, um dem Horizontalschub zu widerstehen. Die Enden der Pfeiler sind halbkreisförmig und sind im verticalen Durchschnitt nach einem Kreisbogen von 10,7 Meter Radius gekrümmt; sie gehen von dem tiefen Wasserspiegel bis zum Anfange des Bogens.

Die Straßenbahn ist 7,3 Meter breit und wird von fünf gleichweit unter sich abstehenden Rippen getragen. Jede Rippe ist bei'm Anfange des Bogens 76 Cent. hoch und 61 am Scheitel, dabei 5 Cent. dick mit Flanschen oben und unten, welche 5 Cent. Dicke und 15 Cent. Breite haben; jede Rippe

ist in fünf einzelnen Stücken gegossen. In den Stoßfugen sind diese Stücke, welche hierzu Flanschen tragen, unter sich und mit Bindplatten durch Schraubenbolzen verbunden. Diese Bindplatten sind so lang, als die Brücke breit, und so hoch wie die Rippen. Zwischen diesen Platten sind die Rippen noch durch gerippte Querbalken oder diagonale Streben verbunden, welche durch Schraubenbolzen an die Hauptrippen festgehalten werden.

Fig. 243 zeigt einen Längendurchschnitt durch einen Pfeiler mit dem darauf befindlichen gußeisernen Ständer, worin man die Verbindung der gußeisernen Theile mit dem Steinpfeiler sieht.

A obere Theile des Pfeilers.

B gußeiserner Ständer.

C Bogenrippe.

D Füllung über dem Bogen.

Fig. 244 ist ein Querschnitt durch die Brücke, welcher durch die, in Fig. 241 dargestellte Achse des Pfeilers geht.

A ein Theil des Pfeilers.

a, a gußeiserne Ständer.

b, b Straßenplatten, welche auf den Straßenbäumen **c, c** liegen.

d, d diagonale Streben der Ständer.

e Straßeneinfassung, auf welcher die Brustwehr steht.

Die Platten, auf welchen die Rippenenden ruhen, sind 7,6 Cent. dick, mit hervortretenden Höhlungen, um die Rippenenden aufzunehmen, welche doppelte Vorsprünge haben. Diese Platten sind in die Pfeiler und Landfesten eingelassen, deren oberste Schichten von Granit sind. Die Ständer auf den Pfeilern und die Füllungen über den Bogen sind gerippte Gußstücke, transversal durch diagonale Streben und schmiedeeiserne Barren, die durch gußeiserne Röhren gehen, verbunden mit Vorsprüngen, gegen welche sich

die verschiedenen Theile stützen. Die Straßenbäume sind 18 Cent. tief und 4 Cent. dick mit einer entsprechenden Flansche oben und unten; sie sind an die Pfeilerständer durch Schraubenbolzen befestigt, wobei die Bolzenlöcher groß genug sind, um eine Ausdehnung oder Zusammenziehung durch die Wärme zu gestatten; die Straßenplatten sind 2,2 Cent. dick und 91 Cent. breit, mit Flanschen und Schraubenbolzen verbunden und stehen 30 Centimeter über die äußern Straßenbäume vor und bilden so ein Karnies längs der Brücke.

Die Wahl dieser Formen für die Pfeiler und Bogen, im Einklang mit der Vollendung der Pfeiler oberhalb des Bogenanfanges mit Gußeisen anstatt des Mauerwerkes hat, wie ich hoffte, dem Ganzen eine Leichtigkeit bei hinreichender Festigkeit gegeben, welche bei den gewöhnlich gebrauchten geradseitigen Pfeilern, welche bis zur Brückenbahn hinaufgehen, und flachen Kreissegmentbögen nicht erreicht werden kann.

I. Die Bogenrippen dieser Brücke sind röhrenförmig; der Querschnitt der Röhren elliptisch, mit der großen Achse vertical; die kleine Achse ist ungefähr 41 Cent., die große 76 Cent. Jede Rippe besteht aus 11 Stücken, welche so geformt und verbunden sind, wie dieß oben beschrieben ist. Die Füllungen über den Bögen sind aus zusammenhängenden Ringen gebildet; sie ruhen auf den Rippen und tragen die der Länge nach gehenden Straßenbäume. Die Rippen sind in gewöhnlicher Weise verbunden. Der Boden zur Straße ist von Holz. Die Pfeiler sind bis unter die Straßenbäume aufgebaut.

Das System von Polonceau für gußeiserne Brücken ist leicht und elegant. Der Erfinder behauptet, seine Brücken seien ökonomischer, als die nach

andern Verbindungen, also leichter bei gleicher Stärke. Man hat denselben vorgeworfen, sie seien weniger steif, was der Erfinder als einen Vorzug betrachtet, und weßhalb er gerade die ringförmigen Träger verwendet, weil diese mehr Elasticität hätten, als die andern Füllungen.

Wirkungen der Temperatur auf Stein- und gußeiserne Brücken. Die Wirkungen des Temperaturwechsels auf gemauerte Massen sind schon längst bekannt. Die Wirkungen derselben auf das Gleichgewicht der Bögen ist zuerst von Vicat bei der von ihm zu Souillac erbauten Brücke untersucht worden, in deren Fugen man periodische Aenderungen, tägliche und jährliche, wahrnahm. Aehnliche Erscheinungen hat George Rennie sehr genau bei der steinernen Brücke zu Staines aufgezeichnet.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich schließlich, daß die steinernen Fugen von Brücken in den Bögen und der Hintermauerung periodisch ihre Lage ändern, daß also zeitweise der Schub auf die Widerlager wachsen muß, ohne daß jedoch daher unter gewöhnlichen Umständen irgend eine Gefahr für die Stabilität des Baues zu befürchten wäre.

Als man zuerst eiserne Brücken bauen wollte, wurde der Einwurf gegen sie erhoben, daß der Temperaturwechsel bei ihnen zu große Bewegungen bedinge. Das Mißlingen der gußeisernen Brücke zu Staines, wegen zu schwacher Widerlager, wurde diesem Einflusse aufgebürdet. Um diese Sache in's Klare zu bringen, stellte Sir John Rennie sehr sorgfältige Beobachtungen an der von seinem Vater erbauten Southwarkbrücke an. Aus diesen Beobachtungen ergab sich, daß die mittlere Erhebung des mittleren Bogens an dem Scheitel etwas über 1 Millimeter für einen Grad (der 100theiligen Scala) Temperaturerhöhung betrug, oder 31 Millimeter für

25 Grad. Die Formänderung und der davon rührende größere Gewölbschub kann in keiner merklichen Weise die Stabilität dieses oder jedes ähnlichen Bauwerkes beeinträchtigen.

IV. Hängebrücken.

Der Gebrauch von Seilen und Ketten zur Ueberbrückung von Klüften und kleinern Flüssen ist schon sehr alt, und solche Bauten waren wahrscheinlich unter den ersten Versuchen der Baukunst, ehe die Kunst des Zimmermanns oder des Maurers so weit gediehen war, Brücken zu bauen. Die Idee einer Hängebrücke in ihrer einfachsten Gestalt bietet sich dem Geiste von selbst dar, und ihre sofortige Ausführung erfordert keine schwierigen Arbeiten und nur wenig mechanische Geschicklichkeit. Aber der Schritt von dieser Stufe der Entwickelung bis zu der, auf welcher wir jetzt solche Bauten finden, konnte nur bei sehr weit vorangeschrittener Wissenschaft und großer Ausbildung der mechanischen Künste geschehen, und wir sehen jeden anderen Zweig der Brückenbaukunst sehr weit vorangeschritten, ehe nur ein Bau der Hängebrücken, was man jetzt darunter versteht, versucht wurde.

Mit Ausnahme einiger isolirter Fälle, welche außer in dem verwendeten Materiale nur sehr wenig von den ersten rohen Bauten verschieden waren, wurde kein namhafter Versuch gemacht, die Mittel, welche man jetzt bei'm Aufhängen einer Straßenbahn verwendet, nach bestimmten Regeln zu ordnen, bis im Jahre 1801 Finlay in America ein Patent nahm, in welchem die Art, wie man die Tragketten aufhängen wollte und wie durch diese die Brückenbahn getragen werden sollte, speciell angegeben war, und zwar so, wie man noch jetzt in allen wesentlichen

Puncten dieß befolgt. Seitdem ist eine große Anzahl solcher Bauten sowohl in den Vereinigten Staaten, als in Europa aufgeführt worden, und in einigen Fällen sind Thäler und Ströme auf diese Weise übersetzt worden, welche in jeder andern Weise der Kunst des Ingenieurs Hohn gesprochen hätten.

Eine Hängebrücke besteht aus den Pfeilern, auf welchen die Tragketten hängen, aus den Widerlagern, Landfesten, an welchen die Kettenenden verankert sind; aus den Tragketten, welche die Brückenbahn mit Hülfe von verticalen Trägern, Hängestangen, halten, und endlich aus der Brükkenbahn.

Die allgemeinen Grundsätze, welche bei der Anwendung biegsamer Träger anzuwenden sind, haben wir schon weiter oben betrachtet; hier soll nur das speciell die Hängebrücken Betreffende nachgeholt werden.

Eintheilung. Der natürliche Wasserweg kann in irgend eine Anzahl gleich großer Abtheilungen, je nach der Oertlichkeit, gebracht werden, wobei man die Kosten hoher und niederer Pfeiler, der Tragketten und der Hängestangen im Auge behalten muß.

Eine Brücke mit einem Bogen von beträchtlicher Weite bietet einen kühneren und monumentaleren Anblick dar, als eine Brücke mit mehren Bögen, und unter sonst gleichen Umständen sind die Stabilität der ersten größer und die Schwankungen durch eine bewegliche Last kleiner, als bei den andern.

Zieht man zwei Bögen vor, so kann die Kette durch einen einzelnen mittleren Pfeiler getragen werden, oder durch drei Pfeiler von gleicher Höhe. Ist die Oertlichkeit der Anlage eines mittleren Pfeilers günstig, so bilden die Ketten auf jeder Seite desselben herabgehende Curven, deren tiefste Puncte an den Landfesten liegen. Die Spannung der Kette ist hier dieselbe, wie wenn man nur einen

Bogen von der Spannweite der beiden zusammen und denselben Pfeil des Kettenbogens angewendet hätte.

Will man statt der beiden Halbbögen zwei ganze Bögen anwenden, so muß man drei Pfeiler haben, welche nur halb so hoch sein müssen, als die bei einem einzigen Bogen. Dann ist die Spannung der Kette ebenfalls nur halb so groß, als in dem letzten Falle, und die Landfesten und die Verankerungen bedürfen also nur der halben Festigkeit.

In Europa wurden nach dem Beispiele der Hammersmithbrücke häufig drei Bögen angewendet; ein ganzer in der Mitte und zwei halbe auf beiden Seiten, wobei man nur zwei Pfeiler bedurfte. Es fällt diese Anordnung ganz mit der ersten zusammen, wenn man dort die beiden Pfeiler weit genug in den Fluß vorrückt.

Pfeiler. Sie sind gewöhnlich Massen von Mauerung, welche auf einem gewöhnlichen Fundamente ruhen, über die Brückenbahn säulenförmig auf beiden Seiten derselben aufsteigen und gewöhnlich oben wieder verbunden sind. In der Regel hat der Pfeiler die Form eines Thorbogens über der Brükkenbahn, welchen sich zuweilen auf beiden Seiten kleinere Durchgänge für die Fußwege anschließen.

Man hat es versucht, Pfeiler in der Form von Säulen oder Obelisken anzubringen; allein man findet an diesen Pfeilern zuviel Beweglichkeit; sie vibriren unter dem Einflusse der Ketten und bewirken dadurch rückwärts wieder größere Schwankungen der Ketten. Diese hat man um so stärker beobachtet, je höher und schlanker die Säulen waren.

Gußeiserne Pfeiler, in der Form von Säulen, welche am Gipfel durch Platten verbunden sind, hat man mit Erfolg angewendet.

Die Dimensionen der Pfeiler hängen von ihrer Höhe und dem Zuge der Ketten ab. Von Stein er=

baut muß die Mauerung mit der größten Sorgfalt aus großen gut verbundenen Blöcken, die mit eisernen Klammern zusammengehalten sind, ausgeführt sein. Die Höhe der Pfeiler hängt hauptsächlich von der Oertlichkeit ab. Jedenfalls müssen sie hoch genug sein, um Fuhrwerke unter dem Thorbogen durch zu lassen.

Landfesten. Die Form und die Dimension der Landfesten hängen von der Art der Verankerung der Ketten ab. Sollten die Ketten verankert werden, ohne sie aufwärts zu biegen, so können die Landfesten in einer schweren Masse von Rauhmauerung bestehen, welche durch ihr Gewicht und durch die Art ihres Verbandes dem Zuge der Kette hinreichend widersteht. Muß man, um einen passenden Punct für die Verankerung zu finden, die Kette vertical aufwärts biegen, so muß man im Allgemeinen einen Bogen an dem Orte aufführen, wo die Biegung der Kette Statt findet, welcher stark genug ist, der Resultante aus den Spannungen beider Kettentheile zu widerstehen, und welcher deßhalb aus schweren, behauenen Steinen gut verbunden sein muß. Sind diese Widerlager nicht zu weit von den Pfeilern entfernt, so kann man beide so verbinden, daß hierdurch die Stärke der Verankerung erhöht wird.

Haupttragketten. Die Tragketten können aus Flacheisen, Rundeisen oder mit Drahtsäulen zusammengesetzt sein.

Die Hauptketten der früheren Hängebrücken hatten lange Glieder, welche auf die gewöhnliche Weise aus Rundeisen angefertigt waren; aber außer den größeren Kosten dieser Ketten haben sie leicht Fehler an der Schweißstelle, und die langen Glieder verlieren bei starkem Zuge leicht die Form, weßhalb man ihnen Stege geben muß, um ihre Form zu bewahren. Ketten aus langen Gliedern von Flacheisen, welche

gewöhnlich durch kürzere verbunden sind, haben deßhalb die Ketten mit dem gewöhnlichen ovalen Gleichen verdrängt.

Die Breite der Kette ist gewöhnlich durchaus dieselbe; bei einigen neueren Brücken hat Dredge in England die Breite der Kette von der Mitte gegen die Aufhängepuncte hin gleichförmig zunehmen lassen, indem er nach und nach die Zahl der Barren eines Kettengliedes zunehmen ließ. Zu dieser Aenderung in der Form der Tragketten legt Dredge noch die Hängestangen in eine verticale Ebene, welche parallel zur Achse der Brücke ist, worin aber die einzelnen Stangen alle gegen den Mittelpunct der Curve geneigt sind. Nach Versuchen scheint es, daß diese Modificationen bei gleichem Aufwand von Material bedeutend mehr Stärke geben.

Die Zahl und Anordnung der Ketten hängt von der Spannung ab, welche sie zu erleiden hat und von der Lage der Fahrbahn und der Fußwege. Für eine einfache Fahrbahn werden die Tragketten auf jeder Seite der Fahrbahn angebracht, so daß sie die verlangte Breite dieser Bahn zwischen sich lassen. Verlangt das zu tragende Gewicht eine so große Zahl von Barren in der Kette, daß der Pfeiler bedeutend verbreitert werden müßte, so nimmt man statt einer Kette zwei oder mehr, welche man übereinander legt. Hat man zwei Fahrbahnen mit Fußwegen, so kann man mehre Reihen von Ketten nebeneinander legen, wobei man die Stärke jeder Kette nach der von ihr zu tragenden Last bemessen muß; zugleich muß man darauf sehen, daß selbst bei'm stärksten Sturm die Ketten bei ihren heftigen Schwankungen sich nicht verwickeln können.

Einige Glieder der Hauptketten müssen mit Justirungsschrauben versehen sein, oder mit Keilen, um bei'm Legen der Kette dieser die gehörige Spannung

geben zu können, so daß sie die gewünschte krumme Linie bildet.

Die Ketten sind entweder an einem beweglichen gußeisernen Sattel, der auf dem Pfeiler mit Rollen ruht, befestigt, oder gehen über diesen Sattel, um so hinreichende Beweglichkeit zu erhalten, wenn eine Last über die Brücke hingeht. Dasselbe kann man erreichen, wenn man die Enden der Ketten an ein an dem obern Ende des Pfeilers aufgehängtes Pendel befestigt.

In den Landfesten sind die Ketten durch gußeiserne Anker befestigt, welche so geformt sind, daß sie die Kettenenden aufnehmen können, und welche in die Landfesten eingelagert sind. Sind diese Anker unter dem Boden, so muß man dennoch zu ihnen gelangen können, um sie von Zeit zu Zeit zu prüfen.

Hängestangen. Diese müssen an solchen Puncten der Hauptketten aufgehangen sein, und die Straßenbäume so tragen, daß die Last gleichförmig über die Hauptketten vertheilt wird. Sie müssen mit einem passenden Gelenke die Sattelstücke umfassen, welche auf den Hauptketten liegen und am untern Ende eine passende Auflage für die Straßenbäume haben.

Diese Hängestangen sind gewöhnlich vertical; bei einigen neueren Brücken sind sie gegen die Mitte hin geneigt, um dem Ganzen mehr Steifheit zu geben.

Straße. Die Hängestangen tragen quer unter der Straße liegende Bäume, auf welchen ein Boden von Holz die Straße trägt. Die Straßenbäume hat man einige Male von Eisen genommen; allein jetzt wird allgemein Holz dazu verwendet.

Die Brustwehr wird auf gewöhnliche Weise entweder aus Schmiedeeisen, aus Holz oder aus einer Verbindung von Gußeisen und Holz hergestellt. Jetzt zieht man Holz oder Holz mit Gußeisen vor, da

man beobachtet hat, daß ein steifes Holzgeländer die Schwankungen, welche die Brücke bei heftigem Sturme annimmt, etwas beschränkt und damit den Bau schützt.

Bei einigen der neuern Brücken hat man, ähnlich der Brustwehr, ein Holzwerk unter der Brücke angebracht, um diese mehr gegen die Stürme zu schützen.

Liegt die Straße über den Ketten, so kann eine Anzahl einfacher Ketten zu ihrer Unterstützung dienen. Zimmerungen aus Pfosten von Holz oder gußeisernen Säulen, die durch diagonale Streben verbunden sind, liegen auf den Ketten und tragen die entweder quer oder der Länge nach darüber laufende Brückenbahn.

Schwankungen. Die Schwankungen der Hängebrücke durch Stürme oder bewegliche Lasten müssen auf das kleinmögliche Maß zurückgeführt werden, indem man die Straßenbäume und das Geländer gehörig verstrebt und die Bahn gegen die untern Schichten der Pfeiler oder gegen Fixpuncte an den Ufern stützt, wenn solche erreicht werden können.

Die Rechnung wie die Erfahrung lehren, daß die Schwankungen durch eine bewegliche Last in ihrer Größe abnehmen, wenn die Spannweite wächst, oder bei derselben Spannweite der Pfeil der Kettenlinie abnimmt. Je schwerer die Brückenbahn ist, desto kleiner werden unter sonst gleichen Umständen die Schwankungen durch eine bewegliche Last, und um so geringer ist die von ihnen rührende Formänderung der Brücke.

Die Schwingungen durch eine bewegliche Last greifen die Brücke selten in einem schadenbringenden Grade an, wenn sie sich nicht periodisch wiederholt, wie bei dem regelmäßigen Schritte marschirender Soldaten. Auf diesem Wege sind ernste Unfälle erfolgt; ebenso bei dem Hinübertreiben von Vieh und bei dem plötzlichen Fortgange eines Gedränges von

einer Seite der Brücke zur andern. Diesen Unfällen kann man durch eine gute Brückenpolizei entgegentreten.

An einigen Puncten der Brückenbahn oder an Fixpuncten außer derselben kann man Kettenstützen anbringen, oder auch, wenn dies sein kann, eine umgekehrte Curve unter der Brückenbahn. Das Erste ist das Wirksamste, aber es verursacht unangenehme Biegungen an dem Puncte, wo die Stütze angebracht ist, wenn eine vorübergehende Last die Tragkette hebt. Je schiefer man die Schützen stellt, um so länger, kostspieliger und weniger wirksam werden sie. Stützen in der Form einer umgekehrten Curve erhalten die Form der Brückenbahn bei einer darüber bewegten Last besser, allein sie verhüten die Schwankungen weniger gut als einzelne Stützen. Keine dieser Methoden bringt, außer bei kleinen Spannweiten, große Dienste. Bei großen Spannweiten bringt der Temperaturwechsel bedeutende Aenderungen in der Länge der Stützen hervor, wodurch diese ungleich auf die Brückenbahn einwirken; dies ist besonders bei der umgekehrten Curve der Fall. Jedenfalls muß man Schrauben zum Richtigstellen für die äußersten Temperaturen anbringen.

Jetzt sind die Ingenieure darüber einig, daß das beste Mittel, die Weite und damit die nachtheiligen Wirkungen der Schwankungen zu begrenzen, in einer festen Verbindung bestehe, in welche man die Hölzer der Brückenbahn bringt, und in einem starken Geländer von Holz über der Bahn, dessen Holzwerk man zuweilen noch unter die Bahn fortsetzt. Diese Verbindungen bilden zwei oder mehr offen gebaute Balken, wie es die Umstände verlangen, welche parallel nebeneinander stehen und durch das Zimmerwerk der Brückenbahn fest zusammengehalten sind, und von Strecke zu Strecke durch die Hänge-

stangen getragen werden. Die Methode, die Brükkenbahn in die Mittellinie des offenen Balkens zu legen, bietet den Vortheil, daß man geneigte diagonale Streben außer dem Zimmerwerke der Brückenbahn anbringen kann. Der Haupteinwurf gegen diese Anordnung ist die größte Belastung der Tragketten durch dieses Zimmerwerk. Diese größere Spannung innerhalb geeigneter Grenzen trägt aber gerade zur Sicherheit der Brücke bei, indem sie die Schwankungen und die Wirkungen der Stöße vermindert.

Als fernerer Schutz für die Stabilität des Baues dient die feste Verspannung der Brückenbahn an den Pfeilern.

Schutzmittel. Um die Ketten vor Oxydation zu schützen, müssen sie mehrmals mit Mennige oder andern dem Wasser undurchdringlichen Farben angestrichen werden, und dieses muß von Zeit zu Zeit wiederholt werden; zugleich muß man von vornherein die Formen so wählen, daß das Wasser nirgends stehen bleiben kann. Drähte zu Seilen schützt man vor Oxydation durch Eintauchen in eine alkalische Lösung. Ehe man sie in das Seil verwendet, werden sie dann mehrmals in kochendes Leinöl, das zuerst durch Kochen mit etwas Bleiglätte und Lampenschwarz vorbereitet ist, getaucht. Die Taue erhalten, ehe sie an Ort und Stelle kommen, einen dicken Anstrich von demselben Oele, und zuletzt von Bleiweiß; das letzte, sowohl um der Oxydation entgegenzuwirken, als auch um eine beginnende Oxydation durch die Färbung des Anstrichs zu erkennen.

Probe der Hängebrücken. Die schweren Unfälle, welche, begleitet von dem Verluste mancher Menschenleben, bei Hängebrücken vorgekommen sind, machen es durchaus nothwendig, daß die Brücke vor der Uebergabe derselben zum öffentlichen Gebrauche erprobt werde, und daß außerdem eine strenge Brük-

kenpolizei die Bildung eines Gedränges auf der Brücke verhüte. In Frankreich und auf dem Continent im Allgemeinen, wo es eine der wichtigsten Pflichten der öffentlichen Polizei ist, für die Sicherheit des Lebens zu wachen, werden solche Vorschriften strenge eingehalten. Das Probegewicht, das in Frankreich für Hängebrücken angenommen ist, besteht in 200 Kilogramm für jeden Quadratmeter, außer dem Gewichte der Brücke selbst. Diese Probe wird zuerst auf die Hälfte reducirt, um die Mauerung, während der Mörtel noch frisch ist, nicht zu beschädigen. Es wird hierzu über die Brückenbahn ein passendes Material, als Backsteine, Erde, Schutt und dergl., ausgebreitet. Außer dieser spätern Probe wird jedes einzelne Glied der Kette für sich probirt, um keine fehlerhaften Theile in dieselbe aufzunehmen. Bei den Drahttauen ist dies nicht nothwendig, da das Ziehen des Drahtes selbst hinreichende Probe ist. Werden einige der Seilstücke probirt, so giebt dies Garantie genug für das Ganze.

Aus den Versuchen des Obersten Düfour in Genf, eines der ersten und erfolgreichsten Erbauer von Drahtbrücken auf dem Continente, geht hervor, daß Eisendrähte, ohne Gefahr, zu zerreißen, den Stoß eines Gewichtes von 20 Kilogramm, das einen Meter hoch herabfällt, aushalten können, wenn sie einen Quadratmillimeter im Querschnitt haben, und zugleich bis zum dritten Theile ihrer absoluten Festigkeit belastet sind; und er schließt, daß eine Befürchtung: die Brücke könne durch Stöße Gefahr laufen, nachdem sie die gewöhnliche Probe ausgehalten hat, grundlos sei, und daß in dieser Beziehung die Sicherheit um so größer sei, je länger die Brücke ist, weil die Elasticität des Systems den besten Schutz gegen Stöße gewährt.

Dauer. Die Zeit ist der wahre Zeuge der Dauer dieser Bauten. So weit die Erfahrung geht, ist kein Grund vorhanden, den Hängebrücken weniger Dauer zu versprechen, als den gußeisernen und selbst den steinernen Brücken, wenn die geeigneten Mittel, sie vor Zerfall zu schützen, und die Reparaturen fleißig ausgeführt werden. Ueber die Dauer der Drahtseile hat man Zweifel aufgestellt, doch scheinen diese durch die Versuche beseitigt, welche Düfour mit einer von ihm in Genf erbauten Brücke zwanzig Jahre nach ihrer Erbauung vorgenommen hat. Die Schwingungen wurden größer gefunden, als zuerst, was von dem Schwinden des Holzwerkes herrührte; aber die Tragtaue und die Hängeseile, wie auch die Füße, auf denen die Straßenbäume liegen, wurden ganz unverändert und frei von Rost gefunden; und die ganze Brücke bestand eine neue, sehr schwere Probe ohne Schaden.

Die folgende Beschreibung der Haupttheile einiger der bekanntesten Hängebrücken sind aus mehren Schriften genommen.

Brücke über den Tweed bei Berwik. Dies ist die älteste große Hängebrücke in Großbritannien. Sie wurde nach den Entwürfen des Capitän Brown erbaut, welcher für die Principien ihrer Construction ein Patent nahm.

Spannweite . . . 135,3 Meter,
Sinus Versus . . . 9,1 Meter.

Zahl der Tragketten zwölf, von denen je sechs auf jeder Seite der Brückenbahn in drei Reihen übereinander von je zwei Ketten liegen.

Die Ketten bestehen in langen Gliedern von Rundeisen, 5,1 Centimeter dick und 4,57 Meter lang. Sie sind durch Verbindungsglieder von Rundeisen, 2,85 Centimeter Durchmesser und ungefähr 18 Centimeter lang, und durch Bolzen verbunden.

Die Brückenbahn wird durch Hängestangen von Rundeisen getragen, welche abwechselnd an den drei Reihen Ketten befestigt sind. Die Straßenträger sind von Holz und liegen auf schmiedeisernen Langschwellen, welche von den Hängestangen getragen werden.

Menai-Brücke, nach den Zeichnungen von Telford erbaut und 1801 eröffnet.

Spannweite . . . 182,8 Meter,
Sinus Versus . . . 13,1 Meter.

Zahl der Hauptketten 16, in Lagen von je 4, vertical übereinander.

Zahl der Barren in jedem Gliede 5.

Länge der Glieder 3,05 Meter.

Breite jedes Barren 8,3 Centimeter, Tiefe 2,5 Centimeter.

Verbindungsglieder 40,6 Centimeter lang, 20,3 Centimeter breit und 2,5 tief.

Verbindungsbolzen 7,6 Centimeter Durchmesser.

Ganzer Querschnitt der Hauptkette 1677 Quadratmeter.

Die Hauptketten sind in den Landfesten durch Bolzen von 2,74 Meter Länge und 15 Centimeter Durchmesser, welche in gußeisernen Schalen liegen verankert. Die Landfesten, welche hohl und durch passende Tunnels zugänglich sind, bestehen aus dem dichten Fels.

Auf den Pfeilern liegen gußeiserne Sättel, auf welchen die Tragketten ruhen. Die Grundfläche eines solchen Sattels ruht auf Rollen in Vertiefungen des Sattels, welche selbst an einer convexen cylindrischen Fläche von Gußeisen in Vertiefungen befestigt sind und so den Ketten eine kleine Verschiebung durch bewegliche Lasten oder Temperaturwechsel gestatten.

Die Brückenbahn ist in zwei Fahrbahnen, jede 3,66 Meter breit, mit einem Fußweg von 1,2 Meter Breite zwischen beiden, getheilt. Das Gezimmer der

Brückenbahn besteht in 444 schmiedeisernen Brückenträgern, 89 Millimeter hoch und 13 Millimeter breit, welche in der Mitte jeder Fahrbahn durch ein umgekehrtes Gespärre unterstützt sind. Das letzte besteht aus zwei gebogenen eisernen Bändern, welche einen verticalen Barren tragen, der die Straßenträger an der erwähnten Stelle unterstützt. Die Brückenbahn selbst ist aus zwei Lagen Bohlen gebildet; die unterste ist 76 Millimeter dick, liegt auf den Straßenträgern und ist an diese befestigt. Sie ist mit Patentfilz überkleidet, der mit kochendem Theer getränkt wurde. Die zweite Bohlenschicht ist 51 Millimeter dick und auf die erste aufgenagelt.

Die Brückenbahn ist mit gegliederten Stangen und Bügeln an den Straßenträgern an die Verbindungsbolzen der Tragketten aufgehängt.

Die Pfeiler sind über dem Hochwasser 46,3 Meter hoch. Sie haben Bogenöffnungen für jede Fahrbahn, und die Massen an den Seiten dieser Thorbögen sind hohl, mit einer querliegenden Verbindungsmauer zwischen den äußeren Hauptmauern.

Die Brustwehr besteht aus schmiedeisernen verticalen und horizontalen Stangen, welche durch ein Netzwerk verbunden sind.

Diese Brücke wurde durch einen heftigen Sturm bedeutend beschädigt, welcher so heftige Schwankungen verursachte, daß die Hauptketten zusammenschlugen und die Köpfe der Bolzen abbrachen. Um die Wiederkehr ähnlicher Unfälle zu verhindern, wurde zwischen die Tragketten ein Gezimmer von gußeisernen Röhren mit diagonalen Verbindungsstücken gebracht, indem man Querstangen von Schmiedeisen durch diese Röhren gehen ließ und diese an die äußersten Ketten gut befestigt. Nach diesem wurde noch eine Anzahl von starken hölzernen Straßenträgern unter die schmied-

eisernen befestigt, da man diese gebogen und zum Theil in Folge der Schwankungen gebrochen fand.

Das ganze Gewicht der Brücke, die Tragketten, Brückenbahn und Alles, was daran hängt, zusammen beträgt 653000 Kilogramm.

Die Freiburger Drahtbrücke über das Thal der Saam wurde im Jahre 1832 von dem französischen Ingenieur Chaley erbaut.

Die Spannweite ist 265 Meter.

Der Sinus Versus 19,3 Meter.

Auf jeder Seite der Bahn liegen zwei Tragseile in gleicher Höhe und ungefähr 40 Millimeter auseinander.

Jedes Seil besteht aus 1156 Drähten, jeder von 3 Millimeter Durchmesser, welche zu einem cylindrischen Seile durch einen darum gewickelten spiralförmigen Draht zusammengehalten werden. Der Durchmesser des Seils wechselt von 127 bis 140 Millimeter. Die Seile gehen über drei feste Rollen auf der Firste der Pfeiler, auf welchen sie ohne Band ausgebreitet liegen, und sind dort jedes andere an zwei Seile vom halbem Durchmesser befestigt, welche in einiger Entfernung hinter den Pfeilern in verticalen Schächten verankert sind; bei'm Eingang in den Schacht geht das Seil über eine feste Rolle.

Die Hängestangen sind Seile von schwächerem Drahte; ihr Durchmesser ist 25 Millimeter; sie haben an jedem Ende eine Schlinge um ein passendes Stück Gußeisen, das ein Auge bildet, um den Haken des Bügels aufzunehmen, in welchem der Straßenträger liegt oder das geschmiedete Sattelstück, das auf den beiden Tragketten für jede Hängestange liegt.

Die Straßenträger sind von Holz; sie sind in der Mitte tiefer als an beiden Enden, und die obere Fläche derselben ist conform mit der etwas gewölbten Brückenbahn; sie liegen von Mitte zu Mitte 1,5 Me-

ter auseinander, und jeder vierte springt an beiden Seiten einen Meter über die andern vor, und trägt mit diesen Vorsprüngen schmiedeiserne Stützen für das Geländer der Brücke. Die Fahrbahn ist 4,75 Meter weit und aus zwei Lagen Bohlen hergestellt. Die Fußwege, 1,8 Meter breit, liegen höher als die Fahrbahn und ruhen auf Langschwellen von großen Dimensionen. Die innere Schwelle ist an die Straßenbäume durch eiserne Bügel, welche sie umfassen, befestigt; die äußere Schwelle ist mit den Straßenträgern durch lange eiserne Schraubenbolzen verbunden, welche durch die oberste Schiene des Geländers gehen. Die Brükkenbahn hat eine schwach convexe Form nach der Richtung der Achse; der mittlere Punct liegt von 45 bis 90 Centimeter höher als die beiden Enden, je nach der Temperatur. Die Tragketten reichen in der Mitte beinahe bis auf die Brückenbahn herab.

Das Geländer ist ein offen gebauter Balken, welcher aus der obern Schwelle, der untern, welche die schon erwähnte äußere Schwelle des Fußwegs ist, und aus diagonalen in diese beiden Schwellen verzapften Streben besteht. Das Ganze ist durch eiserne Bolzen zusammengehalten, welche durch die Brustlehne und die Straßenträger gehen. Diese Verbindung des Geländers und die Neigung der Hängestangen gegen die Achse der Brückenbahn geben dieser große Festigkeit und wirken sowohl den Querschwingungen als denen nach der Länge entgegen.

Die Pfeiler bestehen aus zwei Säulen von dichtem Mauerwerke, 20 Meter über der Brückenebene hoch, welche in 10 Meter Höhe über der gleichen Bahn durch einen Halbkreisbogen von 6 Meter Spannweite verbunden sind.

Hungerford- und Lambeth-Brücke über die Themse, nach den Entwürfen von Brunel erbaut.

Diese Brücke ist nur für Fußgänger bestimmt; sie hat die größte Spannweite aller bis dahin erbauten Kettenbrücken.

Spannweite . . 20,6 Meter.
Sinus Versus . . 15,2 Meter.

Die Brücke wird von vier Hauptketten getragen, von denen je zwei auf jeder Seite der Brücke übereinander liegen. Diese Ketten sind ganz aus langen Gliedern von Flacheisen gebildet. Die Glieder nahe an dem Mittelpunct der Curven bestehen abwechselnd aus 10 und 11 Barren, die in der Nähe der Pfeiler aus 11 oder 12 Barren. Die Barren sind 7,31 Meter lang, 178 Millimeter hoch und 25 Millimeter breit. Sie sind durch Kuppelbolzen von 117 Millimeter Durchmesser miteinander verbunden, welche an jedem Ende durch gußeiserne Muttern von 203 Millimeter Durchmesser und 70 Millimeter Dicke die Barren zusammenhalten. Das Ende jeder Kette ist mit einem gußeisernen Sattel mittelst Bolzen durch die verticalen Rippen des Sattelstückes, deren 15 sind, verbunden. Die Bodenfläche des Sattels ruht auf 50 Frictionsrollen, welche auf einem starken horizontalen Lager von Gußeisen ruhen. Der Sattel kann horizontal 450 Millimeter von dem einen zum andern Mittel fortgehen, und so die Ungleichheiten in der Spannung der Hauptketten ausgleichen, kommen diese Ungleichheiten von einer über die Brücke gehenden Last oder von Temperaturänderungen.

Die Seitenhauptketten sind auf gleiche Weise an dem Sattel befestigt und am andern Ende in ein von Backsteinen erbautes Widerlager verankert. Bei dieser Verankerung, siehe erwähnte Fig. 245, gehen die Ketten durch eine starke gußeiserne Platte, und sind durch Keile hinter derselben festgehalten. Die Ankerplatte wird durch zwei starke gußeiserne Balken

in ihrem Orte erhalten, auf welche der Zug fortgepflanzt wird.

Fig. 245 zeigt die Verankerung der Seitenhauptketten.

A geneigter Gang, der zu der Kammer B der Verankerung führt.

a, a zwei Hauptketten, die durch die gußeiserne Platte b gehen und hinter derselben mit Keilen befestigt sind.

c, c Querschnitte der gußeisernen Streben, welche die Platte b halten.

Die Hängestangen, siehe die Fig. 246, sind mit beiden Ketten verbunden; mit der obern durch ein Sattelstück und Bolzen, mit der untern durch die Verbindungsbolzen der Kette selbst, in einer Anordnung, welche der Hängestange hinreichend freie Beweglichkeit läßt. Am untern Ende greifen die Hängestangen in das gabelförmige Ende eines Bolzens, welcher die Brückenhölzer fest zusammenhält.

Fig. 246. Aufriß M und Querschnitt N der Verbindung der Hängestangen mit den Tragketten.

a, a obere Tragkette.

b, b Verbindungsbolzen der untern Kette.

c Hängestange; sie nimmt mit einem gespaltenen Kopfe die Platte d auf, welche durch die Stangen e und f an den Kuppelbolzen der untern Kette und an den beiden Bolzen g, g hängt, welche an dem Sattelstücke h auf der obern Tragkette befestigt sind.

Fig. 247 zeigt einen Aufriß der Brückenbahn.

a Langschwelle.

b, b Straßenträger; sie sind paarweise zusammengestellt.

c Brückenbahn.

d Saumschwelle; sie bildet den Fuß des Geländers.

e Bolzen mit einem gabelförmigen Kopfe, um das Ende der Hängestange aufzunehmen, welche mit einer Schließe festgehalten wird; dieser Bolzen hält das Brückengezimmer zusammen.

g schmiedeiserne horizontale Diagonalbänder.

Die Brückenbahn wird von einer starken Bodenschwelle getragen, auf welche die Straßenträger verkämmt sind. Die Straßenträger sind paarweise so weit auseinandergestellt, daß der Bolzen, welcher an der Hängestange hängt, zwischen beiden durch kann. Die Brückenbohlen liegen auf den Straßenträgern, und eine Langschwelle, Saumschwelle, welche den Fuß des Geländers bildet, wird durch den genannten Bolzen mit der Bodenschwelle verbunden. Schmiedeiserne diagonale Bänder liegen unter dem Boden horizontal und verbinden alles Holzwerk.

Die Bahn ist 4,3 Meter breit; sie neigt sich von der Mitte gegen die beiden Enden um 1,2 Meter.

Die Pfeiler haben die Form von Thürmen, ähnlich den italienischen Glockenthürmen; sie sind von Backsteinen, 24,4 Meter hoch und so construirt und mit den Sattelstücken auf ihren Gipfeln verbunden, daß sie keinen Schub erleiden, sondern nur den verticalen Druck der Hauptketten zu tragen haben.

Das ganze Gewicht des Baues, mit einem Mehrgewichte von 500 Kilogramm auf jeden Quadratmeter der Brückenbahn, giebt einen Druck von ungefähr 1,020,000 Kilogramm auf jeden Pfeiler. Die Spannung der Ketten ist hiernach zu 1,500,000 Kilogramm berechnet, während die sichere Tragkraft der Ketten 5,080,000 Kilogramm beträgt.

Manongahela Drahtbrücke. Diese Brücke zu Pittsburgh in Pennsylvanien, nach den Entwürfen und unter der Aufsicht von Röbling erbaut, hat 8 Brückenöffnungen von 57,3 Meter bis 57,9 Meter

Weite. Sie ist eine der neuesten Bauten dieser Art in Amerika.

Die Brückenbahn jeder Oeffnung wird von zwei Drahtseilen von 114 Millimeter Durchmesser und von diagonalen Drahtseilen getragen, welche an denselben Puncten, wie die Haupttragseile aufgehängt und mit verschiedenen Puncten des Brückenzimmerwerkes verbunden sind. Die Enden der Hauptketten der Brückenöffnungen sind an Pendelstangen befestigt, mit Hülfe von zwei schiefen Armen, welche mit den Pendelstangen verbunden sind. Diese Pendel sind oben an vier gußeiserne Säulen aufgehängt, welche mit den obern Enden sich einwärts neigen und fest untereinander verbunden sind; mit den untern Enden sind diese Säulen in einen steinernen Pfeiler verankert, welcher bis zu der Höhe der Brückenhölzer heraufreicht. Die Seitensäulen sind durch ein durchbrochenes Gitterwerk von Gußeisen verbunden; in der Fronte sind die Säulen auf gleiche Weise verbunden, doch daß ein Durchgang für Fußgänger frei bleibt.

Je vier zusammengehörende Säulen sind oben durch gußeiserne Balken in der Form eines Gebälkes verbunden. Zwischen diesen Säulen geht der Fußweg durch; die Fahrbahn liegt zwischen diesen Pfeilern aus je vier Säulen.

Die Aufhängepuncte der Drahtseile liegen über der Mittellinie der Fußpfade, und die Seile sind so stark einwärts geneigt, daß die Scheitel der Curven gerade außen an die Fahrbahn kommen. Die Hängeseile haben die gleiche Neigung nach innen; man bezweckte damit mehr Steifheit und eine Verminderung der Seitenschwankungen.

Die Fahrbahn ist 6,7 Meter weit und jeder der zwei Fußpfade 1,5 Meter. Die Straßenträger liegen transversal, paarweise und sind 10,7 Meter lang, 43 Centimeter hoch und 11 Centimeter breit.

Sie sind an den Hängesäulen befestigt. Der Brückenboden besteht aus 6 Centimeter dicken Bohlen, welche der Länge nach über die ganze Brückenbahn gelegt sind und aus einer zweiten Lage von 6 Centimeter dicken eichenen Brückenbohlen, welche querliegend die Fahrbahn bildet.

Das Geländer ist nach Town's Gitterwerk construirt und geht so weit unter die Straßenträger, daß diese auf der untersten Schwelle des Gitters liegen und damit verkämmt sind. Eine zweite Schwelle verbindet die Straßenträger an ihrer obern Seite, und ein drittes Langholz schließt das Gitter am obern Ende. Auch hier war der Zweck bei der Wahl dieses Gitters die Vermehrung der Festigkeit und Steifheit des Baues.

V. Bewegliche Brücken.

Dieser Name wird für jeden Bogen, getragen von einem passenden Zimmerwerke, gebraucht, der dazu dient, eine Verbindung herzustellen oder nach Belieben zu unterbrechen, sei es zwischen zwei Theilen einer Brücke oder über einen kleinen Wasserweg. Man nennt diese Brücken auch Zugbrücken, man gebraucht aber jetzt diesen Namen größtentheils nur für die Brücken, welche um eine horizontale Achse erhoben oder niedergelassen werden können, wobei die Achse entweder am Ende oder mitten durch die Brücke angebracht ist, und ein Gegengewicht erlaubt, mit geringer Kraft durch einen passenden Mechanismus die Brücke zu bewegen. Der Ausdruck Drehbrücke wird für eine sich horizontal um eine verticale Achse drehende Brücke gebraucht; Rollbrücke endlich heißt eine Brücke, welche horizontal auf Rollen vorwärts oder rückwärts geschoben werden kann, um so den Durchweg zu öffnen oder zu schließen.

Zu diesen Brücken kommt noch eine andere Klasse von beweglichen Brücken, welche aus einer Brückenbahn bestehen, die von einem oder mehren auf dem Wasser schwimmenden Booten getragen werden.

Die örtlichen Umstände werden immer bei der Wahl der Art der beweglichen Brücken leiten. Ist die Weite, welche durch sie überdeckt werden soll, nicht über 7,5 Meter, so ist eine Brücke hinreichend, für größere Weiten nimmt man zwei symmetrische Theile.

Zugbrücken. Liegt die horizontale Drehachse einer solchen Brücke am Ende derselben, so wird die Brücke durch eine Kette bewegt, an welcher ein Gegengewicht und ein Mechanismus zum Angriff einer kleinen Mehrkraft angebracht sind. Hierzu hat man eine Menge von Mitteln erdacht und gebraucht. Sie bestehen entweder in einem unveränderlichen Gegengewichte mit einer lebenden Kraft, welche mit gleicher Intensität an einem veränderlichen Hebelarme wirkt; oder in einem Gegengewichte von veränderlicher Größe, verbunden mit einer lebenden Kraft, welche an einem unveränderlichen Hebel wirkt. In einigen Fällen ist die Brücke weniger complicirt, indem man das Gegengewicht wegläßt und eine lebende Kraft von veränderlicher Intensität an einem constanten oder veränderlichen Hebelarme wirken läßt.

Unter den Anordnungen der ersten Art besteht das Einfachste in dem Legen eines gezimmerten Hebels, der Wippe, siehe Fig. 248, welcher sich um eine horizontale Achse über der Brückenklappe bewegt. Der vordere Theil des Hebels ist mit dem vordern Ende der Brückenklappe durch zwei Ketten verbunden; der hintere Theil der Wippe dient als Gegengewicht und wird an herabhängenden Ketten durch Männer bewegt.

Fig. 248 zeigt, wie eine Zugbrücke entweder durch eine Wippe oder durch ein an einer Spirale hängendes Gegengewicht bewegt werden kann.

A Widerlager.

a Querschnitt der Brückenklappe.

b die Wippe, aus Holz gezimmert.

c Kette am Ende der Wippe und der Brückenklappe.

d Sprengstrebe, um ihr unteres Ende beweglich.

e Band, an jedem Ende beweglich; durch dasselbe wird die Strebe mit der Klappe zugleich gehoben.

f Spirale mit dem Gegengewicht g, das an einer Kette über die Spirale hängt.

h Kette, durch welche die Brückenklappe gehoben wird; das eine Ende dieser Kette ist an dem Ende der Brückenklappe, das andere an der Welle der Spirale befestigt.

i feste Rolle, über welche die Kette n geht.

m Rad auf der Achse der Spirale, welches an der endlosen Kette w durch Menschen bewegt wird.

Erlaubt die Oertlichkeit diese Anordnung nicht, so kann die am beweglichen Ende der Brückenklappe angebrachte Kette über eine horizontale Welle oberhalb der Brückenklappe gehen, an welcher ein Excentrik von Spiralform angebracht ist, über welches an einer Kette das unveränderliche Gegengewicht hängt. An derselben Welle ist ein gewöhnliches Rad angebracht, über welches eine endlose Kette hängt, an welcher Menschen die Brücke bewegen.

Von den Anordnungen mit veränderlichen Gegengewichten ist die von Poncelet angegebene eine der einfachsten; sie ist vielfach in Frankreich bei Festungswerken angewandt worden. Das bewegliche Ende der Brückenklappe, siehe Fig. 249, ist an einer gewöhnlichen Kette aufgehängt, welche in einer Hohl-

kehle über ein an einer horizontalen Achse befestigtes Rad geht. An dem andern Ende dieser Kette hängt als Gegengewicht eine andere Kette von verschiedener Breite, welche aus flachen Eisenstäben gebildet ist. Diese Gegengewichtskette ist mit dem zweiten Ende an einem unbeweglichen Puncte so aufgehängt, daß sie, wenn die Brückenklappe steigt, zum Theil von diesem Puncte getragen wird, und also das Gegengewicht abnimmt, wie die Brücke steigt. Die Bewegung wird dem Ganzen durch eine endlose Kette ertheilt, die über ein Rad läuft.

Für kleine Brückenklappen kann man das Gegengewicht weglassen und die Brücke durch ein Seil, das über einen gewöhnlichen Haspel geht, aufziehen.

Kann man die Brücke nicht durch eine Kette aufziehen, die über einen Punct oberhalb der Brücke geht, so wird die Brückenklappe auf zwei Dritttheile bis drei Fünftheile ihrer Länge rückwärts verlängert, um ein Gegengewicht für die Brückenklappe zu bilden.

Fig. 249 zeigt eine Zugbrücke mit veränderlichem Gegengewicht.

A und **B** die Widerlager.

g die Gegengewichtskette aus flachen Gliedern; das eine Ende ist unbeweglich aufgehängt, das andere hängt an der Kette **c**, welche das bewegliche Ende der Brückenklappe ergreift.

i eine feste Rolle, über welche die Kette **c** zu dem kleinen Rade **k** geht, das auf einer horizontalen Welle befestigt ist, welche durch das Rad **m** und die endlose Kette **n** gedreht wird.

Fig. 250 zeigt eine Zugbrücke, bei welcher das Gegengewicht durch eine Verlängerung der Brückenklappe nach der Rückseite gebildet wird.

A Widerlager.

B Grube von passender Form zur Bewegung der Brücke.

a Kette, an welcher die Brücke niedergehalten wird.

Die horizontale Achse der Brücke wird nahe an die Außenseite des Widerlagers gebracht, und hinter dem Widerlager wird eine Grube zur Aufnahme des hintern Theils der Klappe, welches das Gegengewicht bildet, angebracht.

Der Mechanismus zur Bewegung der Brücke kann in einer Kette und Winde unter dem Gegengewichte bestehen, oder aus einem passenden Triebwerk.

Bei Brücken mit einer einfachen Klappe ruht das niedergelassene Ende dieser Klappe auf dem gegenüberliegenden Widerlager, und es ist ein Zwischenlager nicht erforderlich, wenn das Zimmerwerk hinreichende Stärke hat; bei doppelten Brücken mit zwei Klappen ist es gebräuchlich, die Klappen, siehe Fig. 248, nahe bei ihren beweglichen Enden durch Streben zu unterstützen, welche sich um ihre Enden, mit denen sie auf den Widerlagern aufstehen, drehen können. Diese Streben sind so mit der Brückenklappe verbunden, daß sie sich von ihr trennen, wenn diese aufgezogen wird, und bei'm Niederlassen von selbst in ihre Lage zurückfallen, wobei sie sich gegen einen Unterzug nahe am Ende der Klappe stützen. Bei dieser Anordnung sind die Ketten von einem Theile des Druckes entlastet und die Brücke also fester.

Ist das Gegengewicht durch die Verlängerung der Brückenklappe gebildet, so kann man der niedergelassenen Brücke mehr Sicherheit geben, wenn man zwei Ketten unter der Brückenklappe anbringt und diese in dem Boden der Grube verankert. In manchen Fällen dient hierzu ein starker eiserner Stab, der in Fugen neben der Klappe paßt und mit dieser fest verbunden ist.

Bei doppelten Klappen sollten die zusammentreffenden niedergelassenen Klappen der Brücke in der

Mitte eine kleine Erhöhung geben. Dies giebt größere Steifheit und ist der Ablösung der Klappen bei'm Aufziehen günstig.

Für Zugbrücken und alle andern beweglichen Brücken muß man Barrièren an beiden Eingängen anbringen, so lange das Aufziehen oder Niederlassen dauert, um Unglücksfälle zu verhüten.

Drehbrücken. Diese Brücken drehen sich horizontal um eine verticale Achse oder Bolzen unter der Klappe, welcher gewöhnlich weit genug rückwärts von dem Widerlager angebracht ist, um die Seite der Klappe nach dem Drehen mit der Außenseite des Widerlagers zusammenzubringen. Das Gewicht der Brücke muß rings um die Drehachse vertheilt sein.

Um die Brücke zu unterstützen und zu drehen, siehe Fig. 251, wird ein kreisförmiger Rollweg von Eisen concentrisch mit der Drehachse fest eingemauert, dessen Durchmesser kleiner ist, als die Breite der Brücke. Feste Rollen von conischer Form sind in gleicher Entfernung unter dem Zimmerwerke der Brückenbahn angebracht und ruhen auf dem Rollwege.

Fig. 251 stellt eine Drehbrücke vor.

a die Brücke.

b verticale Pfosten, an welchen die eisernen Bänder n, n befestigt sind.

c der verticale Bolzen, um welchen sich die Brücke dreht.

o, o conische Rollen.

Die Brücke wird durch geeignetes Triebwerk oder durch eine Kette und Winde gedreht. In manchen Fällen läuft die Brücke auf eisernen Kugeln, welche in einem ausgehöhlten Rollwege liegen und in ähnliche Vertiefungen unter der Brückenbahn greifen.

Die Enden des Brückenbodens sind nach Kreisbögen abgeschnitten, welche sich an die gleichgeformten Widerlager anschließen. Der Brückenboden muß von

unten durch Streben unterstützt werden, welche, wie bei den Zugbrücken, losgelöf't und zurückgezogen werden können, wenn die Brückenbahn unterbrochen wird; oder sie können sich auch in einem Kugelgelenk am untern Ende mit der Brücke drehen. Zu mehrer Stärke werden zuweilen auch noch über der Brücke eiserne Bänder angebracht, welche die Brückenbahn von Pfosten zu Pfosten, die zu beiden Seiten des Drehbolzens angebracht sind, stützen.

Drehbrücken kann man von Holz oder Gußeisen herstellen; das letzte Material ist passender, da es eine genauere Arbeit zuläßt und sich nicht wirft und nicht schwindet wie Holz.

Rollbrücken. Diese Brücken können über feste Rollen vorwärts und rückwärts geschoben werden, um die Verbindung über das Wasser zu unterbrechen oder wieder herzustellen. Der Theil der Brücke, welcher auf den Rollen ruht, wenn die Passage gehemmt ist, muß zu dem andern ein Gegengewicht bilden. Der Mechanismus, durch den die Brücke bewegt wird, ist gewöhnlich ein Triebwerk, das von einer oder mehren Personen, die auf der Brücke stehen, in Gang gesetzt wird. Statt der festen Rollen können auch eiserne Kugeln gebraucht werden.

Schiffbrücken. Eine bewegliche Schiffbrücke dieser Art kann dadurch erhalten werden, daß man einen Brückenboden auf ein Boot oder irgend einen andern wasserdichten Kasten von passender Form bringt.

Eine Brücke dieser Art kann nicht bequem in Flüssen, welche der Fluth ausgesetzt sind, angewendet werden; bei Canälen in Lagen, wo eine feste Brücke nicht angebracht werden kann, sind sie vortheilhafter.

In dem Vorstehenden ist nur von dem Durchlasse die Rede, der in einer festen Brücke durch eine Schiffbrücke bewirkt werden soll. In Deutschland werden häufig Schiffbrücken zur Verbindung der Ufer zweier Flüsse angewendet.

Die Einrichtung einer solchen Schiffbrücke ist folgende: Quer über den Fluß wird eine Reihe von Kähnen gestellt, welche durch Anker festgehalten werden. Diese Schiffe tragen die Straßenträger, welche quer über die Schiffe, also nach der Länge der Brücke, liegen, und über welchen die Brückenbahn aus freiliegenden Bohlen hergestellt wird.

Um vom Lande aus auf die Schiffbrücke zu kommen, bedient man sich bei flachen Ufern und schiefer Auffahrt nur eines mit Bohlen belegten Flosses, das bei steigendem Wasser etwas verlängert wird.

Bei steilerem Ufer bedarf man einer Landfeste und einer Landbrücke, welche letztere den Uebergang an der Landfeste zu der Schiffbrücke vermittelt. Die Landbrücke ruht auf der unbeweglichen Landfeste und andererseits auf dem ersten Schiffe, welches sich mit dem Wasserstande senkt und hebt. Wird die Landbrücke zu lang, um die Straßenträger frei liegen zu lassen, so müssen diese durch ein oder mehre Joche unterstützt werden, bei welchen die Straßenträger durch untergelegte Klötze mehr oder weniger in die Höhe gehoben werden können.

Damit die Brücke nicht durch Windströmungen stromaufwärts getrieben werden kann, ist gewöhnlich je das zweite Schiff auch durch einen Anker stromabwärts gehalten.

Um Schiffen, welche die Stelle passiren wollen, den Durchgang zu gestatten, ist in der Schiffbrücke

eine Verbindung von zwei Schiffen sammt der darauffliegenden Brückenbahn so verankert, daß diese Maschine an dem Ankertaue stromabwärts gelassen werden kann, wo sie, auf die Seite gedreht, den Durchlaß herstellt. Durch einen Hornhaspel wird das Ankertau der Durchlaßmaschine später wieder aufgewunden und so diese an ihre Stelle zurückgeführt.

Im Winter muß, wo ein Eisgang zu befürchten ist, die Brücke abgeführt und an einen sichern Ort, in einen Hafen, gebracht werden. Bei dieser oft lange dauernden Unterbrechung der Passage, der kostspieligen Unterhaltung und Besorgung der Schiffbrücke, dem Lästige derselben für die Flußschifffahrt werden die Schiffbrücken immer mehr und mehr stehenden Brücken weichen müssen.

Fünftes Capitel.

Bauten an Flüssen und Meeresküsten.

I. An Flüssen.

Alle Flüsse zeigen ein ähnliches Verhalten, das durch den Charakter der Gegend, durch welche sie fließen, mehr oder weniger abgeändert wird. Sie nehmen ihren Ursprung im Hochland und steigen von da nach und nach zu einem See oder Meere herunter, wobei ihr Bett durch die Natur des Bodens der Thäler, durch welche sie fließen, und ebenso ihre Geschwindigkeit mannichfach geändert wird. Nahe an den Quellen ist das Bett gewöhnlich stetig, unregelmäßig, eng und steil und die Geschwindigkeit sehr groß. Weiter herunter wird das Flußbett weiter, regelmäßiger, das Gefäll kleiner und das Strömen langsamer und ruhiger. In dem obern Laufe ist die Richtung mehr gerade und die Hindernisse sind meist von dauernder Art, von den Unebenheiten des Bodens herrührend. In dem untern Laufe wird das Flußbett mehr gekrümmt, durch die Thäler gewunden und kurze Bögen bildend; und hier findet man jene Hemmnisse der Flüsse von mehr veränderlicher Natur, welche man Kies- oder Sandbänke nennt, von den Ablagerungen im Flußbette herrührend, die der Fluß selbst von den Ufern losgerissen hat.

Die meisten Flüsse sind periodischen oder unregelmäßig wiederkehrenden Anschwellungen durch Schmelzen von Schnee oder starke und langandauernde Regengüsse ausgesetzt. Diese Aenderungen der Wassermasse in dem Bette ziehen Aenderungen in der

Geschwindigkeit und in der Form und Größe des Flußbettes nach sich. Die letzteren hängen von der Natur des Bodens und von der Weite des Thales ab. In engen Thälern, wo die Ufer dem Angriffe des Stromes nicht leicht nachgeben, besteht die Wirkung der vergrößerten Geschwindigkeit allein in einer zeitweisen Vertiefung des Bettes. In weiten Thälern, wo der Boden der Ufer leichter von dem Strome angegriffen wird, als die Sohle des Bettes, erweitert jede Vergrößerung der Geschwindigkeit des Wassers das Bett; und wenn das eine Ufer loser ist, als das andere, so zieht sich der Strom mehr auf die Seite des ersten, es entsteht ein Bogen und das Bett rückt nach und nach gegen die hohle Seite des Bogens fort.

Diese Bogenbildung verursacht dann wieder Veränderungen in der Tiefe und Geschwindigkeit des Wassers. Die größte Tiefe liegt an der concaven Seite. Bei den geraden Strecken, welche zwei Bögen verbinden, findet man die Tiefe ab- und die Geschwindigkeit zunehmend. Die Sohle wird auf diese Weise wellenförmig, mit seichten Stellen und tiefen Gumpen mit schneller und langsamer Strömung.

Ablagerungen bilden sich da, wo die Geschwindigkeit des Flusses plötzlich abnimmt. Der Schlamm, der Sand, Kies, den das Wasser mit sich führt oder über den Boden fortschiebt, legen sich an solchen Stellen ab, bis durch das Seichterwerden des Flusses die Geschwindigkeit so weit zugenommen hat, daß eine weitere Ablagerung nicht Statt findet. Ein Hochwasser nimmt oft die ganze gebildete Bank weg und führt sie an eine andere Stelle.

Die Puncte, an denen man gewöhnlich Ablagerungen findet, sind die Mündungen der Seitenflüsse, große Erweiterungen des Flußbettes und die geraden Strecken zwischen den Flußkrümmungen,

endlich die Mündungen der Flüsse in's Meer. Die Natur dieser Ablagerungen hängt von der Art des Bodens und der Geschwindigkeit des Stroms ab. Im Allgemeinen sind die Bestandtheile derselben in den oberu Theilen der Flüsse größer, als in den untern. Die Anhäufungen an den Mündungen großer Flüsse bilden mit der Zeit ausgedehnte Untiefen, welche die Hochwasser an ihrem Ausflusse hemmen. Die Flüsse, deren Mündungen so verstopft sind, suchen sich dann einen Ausweg durch die am meisten nachgebenden Stellen. So entstehen die am Ausflusse mancher großer Ströme befindlichen Bildungen, welche man jetzt allgemein Delta's nennt.

Regelung der Flüsse. Es giebt keine Aufgabe für den Ingenieur, welche schwieriger zu lösen und unsicherer in ihrem Erfolge ist, als die Regelung der Flüsse. Immer großen Aenderungen in ihrem Ursprung unterworfen, wenn in ihrem Quellenbezirk die Wälder gelichtet und cultivirt werden, sieht sie das eine Jahrhundert tief, mit gleichbleibender Strömung und nur langsam während der Zeit der Hochwasser anschwellend, während das nächste ihr Bett plötzlichen und großen Hochwassern ausgesetzt findet, welche nach ihrem stürmischen Verlaufe das Bett mit Kiesbänken und eingerissenen Krümmungen verlassen. Außer diesen Revolutionen, welche der Lauf der Jahre bringt, ruft jedes Hemmniß, das vorübergehend in den Strom kommt, jeder Versuch, einen Punct des Ufers künstlich zu schützen, unabweisbar eine entsprechende Aenderung des Flußbettes an einem andern Puncte hervor, das selten vorhergesehen wird und dessen Beseitigung wieder eine neue Quelle von Unannehmlichkeiten sein kann. So wird eine Kiesbank, die man an einem Orte weggeschafft hat, sich nach und nach weiter unten im Flusse bilden; der Schutz des einen Ufers führt den Angriff des entgegenge-

setzten herbei; und so schlägt oft der am besten abgewogene Plan zur Regelung eines Flusses vollkommen fehl.

Bei dem Entwurfe einer Flußcorrection hat man hauptsächlich folgende Puncte im Auge zu behalten: 1) Schutz der Ufer; 2) Schutz der Umgegend gegen Ueberschwemmung; 3) Entfernung der Untiefen, Krümmungen und anderer natürlichen Hindernisse der Schifffahrt; 4) hinreichende Tiefe für Schiffe von einer Ladung, die dem Handel auf dem Fluß entspricht; endlich 5) Beschränkung der Geschwindigkeit, wo diese für die Schifffahrt zu groß ist.

Mittel zum Schutz der Ufer. Um die Ufer eines Flusses zu erhalten, muß man entweder die Geschwindigkeit am Ufer so vermindern, daß hierdurch der Boden nicht angegriffen werden kann, oder man giebt dem Ufer eine Bekleidung, welche der Wirkung des Stroms widersteht. Das Erste kann bei niedern Ufern mit großer Böschung angewendet werden. Das einfachste Mittel hierzu ist die Anpflanzung solchen Buschwerks auf dem Abhange, das nahe am Wasser gern wächst, namentlich Weiden, oder man legt Flechtzäune von frischen zum Auswachsen noch fähigen Weiden, welche man durch kurze, ebenfalls frische Pflöcke befestigt und mit Erde bedeckt. Diese Flechtzäune werden parallel mit dem Ufer gelegt und von andern von oben nach unten gezogenen überdeckt. Durch diese Anlagen wird die Kraft des Stroms gebrochen und seine Geschwindigkeit nahe am Ufer vermindert, wobei sich die feineren Schlammtheile zwischen den Weiden absetzen und so das Ufer mehr und mehr befestigen. Sind die Ufer hoch und werden dieselben unten durch das Wasser angegriffen, so kann man ihnen entweder eine größere Böschung geben, oder man giebt ihnen eine bis einfüßige Böschung und pflastert den Abhang, wobei man den

Fluß mit schweren losen Steinen belegt, oder man beschützt das Ufer durch abwechselnde Lagen von Reißig und Steinen durch Faschinen.

Mittel gegen Ueberschwemmungen. — Ueberschwemmungen erfolgen, wenn Hochwasser in dem Flußbette keinen Raum zum Abfließen finden und deßhalb über dieses Flußbett hinausschreiten. Man wird deßhalb das Flußbett oder die Geschwindigkeit des Wassers vergrößern müssen. Das Flußbett kann vergrößert werden durch Vertiefung oder durch Aufführung von Dämmen, gewöhnlich Deichen genannt. Eine Verbreiterung des Flußbettes würde nur zur Zeit der Hochwasser nützen, bei'm gewöhnlichen niedern Wasserstande aber eine zu kleine Geschwindigkeit des Wassers zulassen, was Versandungen und Erhöhung des Flußbettes nach sich ziehen und so eine spätere Ursache von Ueberschwemmungen abgeben würde; auch wird die Schifffahrt hierdurch ungemein gestört. Man muß also umgekehrt die Breite des Flusses dahin beschränken, daß auch bei'm niedern Wasser die Strömung schnell genug wird, um das Flußmaterial abzuführen. Ist nun dieses auch anfänglich nicht der Fall, so wird bei Hochwassern die Geschwindigkeit so groß werden, daß die Sohle des Flußbettes angegriffen wird, das Flußbett wird sich vertiefen, und damit kann die Geschwindigkeit des Wassers so zunehmen, daß auch bei'm niedern Wasserstande keine Ablagerungen mehr vorkommen.

Sind die Ufer zu flach und kann das Flußbett nicht vertieft werden, so muß man Deiche bauen. Ebenso muß man, wo dies nothwendig ist, alle Hindernisse entfernen, welche bei Hochwassern den Abfluß des Wassers hemmen, wohin namentlich Mühlenwehre, in welche man hinreichend große Grund-

abläſſe bringen muß, und enge Eindämmungen, welche man erweitern muß, gehören.

Flußkrümmungen. Zu den Urſachen der Ueberſchwemmungen, welche zugleich mit bedeutenden Beſchädigungen des Ufers verbunden ſind, gehören die ſchnellen Krümmungen eines Fluſſes. In ihnen ſammelt ſich bei'm Eisgange das Eis, verſtopft den Ausgang und ſchwellt ſo den Fluß, bis er über ſeine Ufer tritt. Die concave Seite einer Flußkrümmung iſt zugleich immer dem Angriffe des ſchnellſten Stroms ausgeſetzt, und das Ufer kann daher nur durch künſtliche Mittel geſchützt werden. Das Mittel, das man hierzu anwendet, beſteht in der Erbauung von Dämmen, die man von dem concaven Ufer aus in den Fluß baut, und welche man Buhnen, Sporen und anders nennt. Dieſe Buhnen werden entweder rechtwinklig auf die Stromrichtung oder ſchief gegen dieſe gebaut, um den Strom gegen die andere Seite des Stroms zu weiſen.

Die Buhnen werden gewöhnlich mit ſchweren Steinen, aus Käſten von unbeſchlagenem Holze, mit Kies gefüllt und endlich aus Faſchinen gebaut. Seit einigen Jahren hat man an dem Po Buhnen aus Reihen von verticalen Rahmen oder Rippen, ſiehe Fig. 252, die feſt verbunden und ſtromaufwärts mit dicken Bohlen bedeckt ſind, welche dem Strom eine gebrochene geneigte Ebene darbieten, deren unterer Theil weniger ſteil, als der obere iſt, wie behauptet wird, mit vollkommenem Erfolge zum Schutz eines Ufers angewendet. Dieſe Buhnen werden etwas oberhalb der zu ſchützenden Stelle erbaut: ihr Grundriß iſt ſtromaufwärts ſchwach convex.

Buhnen von der gewöhnlichen Form und Conſtruction werden jetzt nach den Erfahrungen einer langen Reihe von Jahren am Rhein und andern europäiſchen Flüſſen von den franzöſiſchen Ingenieuren,

welche von ihrem Gebrauche streng abmahnen, für wenig nützend, wenn nicht für schädlich erachtet. Die Wirkung des Stromes gegen die Seite der Buhne verursacht Wirbel und Gegenströme, welche die Buhne und das benachbarte Ufer untergraben; Untiefen und Sandbänke werden in dem Flußbette gebildet, indem sich das Flußmaterial nahe an der Buhne ablegt, wodurch die Stromrinne oft mehr gekrümmt wird, als dies vorher der Fall war. Die beste Art, die man jetzt hat, um das Fortschreiten einer Flußkrümmung zu verhindern, besteht in einer Uferbekleidung von trockenen Steinen mit einem Steinwurfe von losen Steinen längs des Flusses des Ufers, welchem man die natürliche Böschung läßt.

Fig. 252 zeigt den verticalen Schnitt einer hölzernen Schutzbuhne am Po, die aus Bohlen, welche auf geneigte Rippen genagelt sind, gebildet wird.

a b und b c die geneigten Seitenwände der Buhne; die erste ist 63, die zweite 23 Grad gegen den Horizont geneigt.

d und e Theile der Rippe.

f und g horizontale Verbindungen der Rippen.

Die Krümmungen der Flüsse erreichen gemeiniglich zuletzt eine solche Ausdehnung, daß der Angriff auf die concave Seite keine weiteren Aenderungen mehr hervorbringt und das Flußbett seine Gestalt behält. Nach Beobachtungen am Rhein ergiebt sich, daß Krümmungen von etwa 3000 Meter Halbmesser nicht mehr fortschreiten, und daß solche von 1500 Meter Halbmesser nur selten beschädigt werden, wenn die Ufer gehörig bekleidet sind. Bei Flüssen mit anderm Boden und andern Hochwassern werden diese Verhältnisse natürlich anders sein.

Man hat Versuche gemacht, die Landzunge, welche die convexe Seite des Ufers bildet, zu durchschneiden und das Wasser in diesem neuen Canal

gerade fortzuleiten. Im Allgemeinen hat man gefunden, daß der Fluß sehr bald wieder zu einem dem früheren ähnlichen Bette zurückkehrt. (Dies ist denn doch am Rheine, wo viele Durchschnitte angelegt wurden, nicht beobachtet worden; man ist vielmehr mit dem Erfolge der meisten Durchschnitte vollkommen zufrieden.)

Ablagerungen. Um das Flußbett von Ablagerungen von Kies und Sand frei zu erhalten, werden diese entweder durch Baggermaschinen herausgeschafft, oder man giebt dem Fluß eine größere Geschwindigkeit, indem man die natürliche Breite des Flußbettes vermindert.

Dies geschieht entweder durch Anlage von Buhnen, die dann Treibbuhnen heißen, oder durch Eindämmung des Wasserweges, wobei man die Dämme nur wenig über den gewöhnlichen Wasserspiegel erhöht, so daß bei Hochwassern dieses über die Dämme treten und das Land hinter denselben nach und nach erhöhen kann.

Ist der Fluß durch Inseln in mehre Arme getheilt, so schließt man diese alle bis auf den Hauptarm durch Dämme ab, wodurch dieser sich dann vertieft und erweitert.

Die Deiche, welche den Hauptarm einschließen, sollen sich der natürlichen Richtung dieses Stroms so nahe, wie möglich, anschließen.

An Orten, wo große Wasserbehälter in der Nähe einer Sandbank vorkommen, kann man diese zur Entfernung der Ablagerung anwenden. Hierzu wird an dem Behälter ein Auslaß angebracht, welcher durch ein um eine verticale Achse drehbares Thor schnell geöffnet werden kann, eine Spätschleuße. Der Wasserstrom, den man auf diese Weise über die Bank leitet, führt diese mit. Dieses Mittel wird in Europa häufig zur Freierhaltung der Hafenmündung

angewendet, wenn durch die Fluth höher gelegene Behälter gefüllt werden können.

Bei den Mündungen der Flüsse in das Meer durch mehre Arme muß man den Eintritt der Fluth durch alle Canäle freilassen.

Ist der Hauptarm dem Versanden unterworfen, so bringt man in den Seitenarmen Dämme mit Thoren an, welche sich bei'm Eintreten der Fluth öffnen, bei'm Abfließen des Wassers aber sich schließen, wodurch alles Flußwasser genöthigt ist, seinen Rückweg durch den Hauptarm zu nehmen, welcher auf diese Weise täglich von Ablagerungen geleert wird. Dasselbe erreicht man mit Hülfe von Dämmen durch die Seitenarme, die so hoch sind, daß sie nur zu bestimmten Fluthzeiten vom Wasser überschritten werden. Bei der darauffolgenden Ebbe fließt dann alles Wasser hinter diesen Dämmen durch den Hauptarm.

Ist das Bett durch Felsen beengt, so muß man diese sprengen und die Bruchstücke herausschaffen.

Schifffahrt im seichten Wasser. Wo die Tiefe des Wassers für die Wassertiefe der für den Verkehr passenden Schiffe nicht hinreicht, kann der Fluß dazu durch Bauten hergerichtet werden, indem man durch Dämme, Wehre, quer über den Fluß diesen in verschiedene Theile von hinreichender Tiefe theilt, und dann von einem dieser Theile zum andern durch Schleußen herabsteigt.

Die Lage der Wehre und die Zahl derselben hängt von der Localität ab. Bei Strömen mit starken Hochwassern muß man die weitesten Stellen zur Anlage der Wehre aufsuchen, um den größten Ueberfall zu erhalten. Die Wehre werden entweder geradlinig, senkrecht oder schief gegen den Strom gebaut, oder convex, oder in einer gebrochenen Linie mit dem Winkel stromaufwärts sehend. Die drei letzten

Formen bieten einen größern Ueberfall für den Abfluß des Wassers dar, aber sie gefährden das Bett des Flusses unterhalb des Wehres.

Der Querschnitt eines Wehres ist gewöhnlich trapezförmig, die Seite stromaufwärts geneigt, die abwärtsgehende vertical oder geneigt. Ist die Seite stromabwärts vertical, so wird die Kraft des herabstürzenden Wassers zwar durch das Unterwasser gebrochen; allein es entstehen Wirbel, welche sehr zerstörend auf den Boden und das Wehr selbst wirken, weßhalb es besser ist, das Wasser auf einer schiefen Ebene hinabfließen zu lassen. Jedenfalls muß man die Sohle und die Seiten des Flußbettes unterhalb des Wehres auf eine Strecke gegen den Angriff des Wasserstoßes durch eine Bekleidung mit großen Steinen, Holz oder auf andere Weise schützen.

Die Wehre sollten die Höhe erhalten, welche gerade zur Erreichung der nothwendigen Tiefe für die Schifffahrt nothwendig ist, wobei man übrigens darauf sehen muß, daß durch die Stauung keine Ueberschwemmungen hervorgerufen werden, wozu man Schleußen in dem Wehre anbringt, die bei gefahrbringendem Hochwasser aufgezogen werden. Jedes Material, das man zur Hand hat und das hinreichende Dauer verspricht, kann zu ihrer Construction verwendet werden. Abwechselnde Lagen von Reißig und Kies, durch Würste und Pfähle zusammengehalten, Faschinen mit einer Bekleidung von Bohlen, Faschinen oder Steinen entsprechen in ruhigern Flüssen sehr gut. Ist das Wehr großen Hochwassern, starken Eisgängen oder den Stößen von Treibholz ausgesetzt, so ist es besser, dasselbe ganz von Steinen zu erbauen, oder von Balkenkästen mit Steinfüllung, oder, wenn Steine nicht erhalten werden können, aus Balken allein. Soll das Wehr wasserdicht gemacht werden, so dient dazu Sand und Kies, die

man in hinreichender Menge oberhalb von dem Wehre einwirft. Die Puncte, in welchen das Wehr die Ufer erreicht, heißen, wie bei den Buhnen, die Wurzeln. Man muß bei ihnen besonders darauf achten, daß das Wasser sich keinen Ausweg um dieselben suche. Hierzu baut man das Wehr auf eine Strecke in die Ufer hinein.

Das beste Mittel zur Verbindung der beiden Flußtheile ober- und unterhalb des Wehres ist für die Schifffahrt eine Kammerschleuße. Sie soll an dem einen Ende des Wehres angebracht sein, indem das Ufer für die Kammer ausgegraben wird, um sie vor dem Stoße schwimmender Körper zu bewahren. Die Seitenwände und ein Theil des Wehrs zunächst bei der Schleuße müssen so hoch heraufgeführt werden, daß sie bei dem höchsten Wasserstande nicht überfluthet werden. Ist die Höhe der Hochwasser sehr bedeutend, so müssen die Flügel der obern Thore in zwei Theilen gebaut werden, weil ein Flügel aus einem Stück von solcher Größe zu schwerfällig wäre. Der untere Theil wird so hoch genommen, daß er für den gewöhnlichen Gebrauch dient; der obere wird nur bei'm Hochwasser gebraucht, und ist so construirt, daß sein Schwellrahmen gegen das Rahmstück des untern Thores schlägt. Eine ähnliche Anordnung kann man für die untern Thore gebrauchen, wenn der Fall der Schleuße sehr groß ist, indem man den obern Theil des Eingangs bei den untern Thoren durch eine Mauer zwischen den Seitenmauern oder durch eine unbewegliche gezimmerte Wand schließt, unter welcher die Boote Raum zum Passiren haben.

Eine häufig gebrauchte, aber mangelhafte Weise, die Schiffe durch das Wehr gehen zu lassen, bieten die Stauschleußen. Eine solche besteht aus einem Schleußenthor in dem Wehre, welches geöffnet

oder geschlossen wird, indem man dasselbe um eine verticale Achse dreht, wozu ein Mechanismus angebracht ist. Ein Weg hierzu ist, das Thor durch die Achse in zwei ungleiche Theile zu bringen, und in den größern eine Schützenöffnung zu bringen, welche dort eine kleinere Fläche dem Drucke des Wassers übrig läßt, als auf der andern Seite. Dadurch wird das Spiel der Schütze sehr einfach. Ist die Schütze geschlossen, so schließt sich das Thor durch den Druck des Wassers; ist die Schütze aufgezogen, öffnet sich das Thor.

Kann man durch diese Mittel nicht dazu gelangen, eine Schifffahrt auf einem Flusse möglich zu machen, wie, z. B., bei starken Gefällen, dann muß man zu einem Canale seine Zuflucht nehmen, um die schiffbaren Theile ober- und unterhalb zu verbinden. Gewöhnlich liegt der Canal parallel zu dem Bette des Flusses; zuweilen liegt er in dem Flußbette und ist von dem Flusse nur durch einen Damm geschieden. Immer muß man ihn vor Schaden durch Hochwasser zu bewahren suchen.

In der Regel ist an jedem Ende des Canals eine Kammerschleuße nothwendig. Die Lage für diese muß so gewählt werden, daß die Schiffe zu jeder Zeit ein- und ausgelassen werden können. Sie müssen gegen die Wirkungen der Hochwasser gesichert sein, und zugleich von Ablagerungen von Sand und Kies entleert werden können, sei dies durch das Wasser selbst oder durch Maschinerie.

Bietet der Strom nicht die hinreichende Tiefe dar, um zu allen Zeiten aus ihm in den Canal eintreten zu können, so muß man durch ein Wehr nahe am Eingange des Canals diese zu erhalten suchen.

Es kann in einigen Fällen zweckmäßig sein, statt die Kammerschleußen an die Enden des Canals

zu stellen, zwischen diesen in den Schleußen geräumige Bassins anzubringen, in welchen die Schiffe ruhig liegen können. Die Mündungen aus diesen Bassins in den Fluß sind entweder immer offen, oder sie können gegen die Hochwasser durch Thore geschlossen werden.

II. Bauten an der Meeresküste.

Man kann hier folgende Unterabtheilungen machen: 1) Künstliche Ankerplätze, Rheden; 2) natürliche und künstliche Häfen; 3) Schutz der Meeresküste gegen den Angriff des Wassers.

Ehe man einen bestimmten Plan für irgend einen Bau an der Meeresküste annimmt, muß die Wirkung der Ebbe und Fluth, der Strömungen und der Wellen an diesem Puncte bestimmt werden.

Die Theorie der Ebbe und Fluth ist bekannt; ihre Entstehung und Dauer sind verursacht durch die Anziehung der Sonne und des Mondes, und ihre Größe abgeändert durch die Stärke und Richtung der Winde und die Bildung des Ufers. An unsern (amerikanischen) Küsten sind die Fluthhöhen sehr verschieden zwischen den südlicheren und nördlicheren Gegenden. Bei Eastport sind die höchsten Fluthen, wenn sie nicht vom Winde getrieben, zwischen 7,6 und 9 Meter über dem gewöhnlichen Niederwasser hoch. Bei Boston steigen sie bis zu 3,4 bis 3,6 Meter unter gleichen Umständen, und von Neuyork bis nach Florida steigen sie selten über 1,5 Meter.

Aus den abwechselnden Ebben und Fluthen entstehen Strömungen, welche in manchen Fällen noch durch Winde verstärkt werden. Von dem Hauptstrome, welcher längs der Küste fortgeht, gehen Nebenströme in die Buchten in einer mehr oder weniger geraden Linie, bis sie das Ufer erreichen, von wo

sie abgelenkt und häufig in mehre andere zertheilt werden, von welchen der Hauptstrom der Richtung einen Gegenstrom bildet. Wo zwei Ströme zusammentreffen, entstehen Wirbel. Die Strömungen führen das Ufer weg, gegen das sie direct einfallen, legen dieses Material an andern Orten ab und bilden oder entfernen auf diese Weise Hindernisse für die Schifffahrt. Diese immerwährenden Aenderungen, welche die Strömungen hervorrufen, lassen die Folgen irgend eines Baues, durch welchen die Richtung oder die Geschwindigkeit einer solchen Strömung abgeändert wird, nur schwer und nur selten richtig voraussagen.

Die Wellen werden durch die Wirkung der Winde auf die Oberfläche des Meeres hervorgerufen. Dabei bewegt sich ein Wassertheilchen in einer durch die Umstände hervorgerufenen krummen Linie, die in sich selbst zurückkehrt, wenn nicht zugleich eine fortschreitende Strömung des Wassers vorhanden ist. Diese Bewegung geht in sehr große Tiefen hinab, wobei sie übrigens mit der größern Tiefe abnimmt, auch in der Form der durchlaufenen Linie sich immer mehr der Richtung des Bodens anschließt.

Das Fortschreiten der Wellen an der Oberfläche rührt davon her, daß die nebeneinanderliegenden Wassertheilchen nahe dieselbe Bewegung nacheinander annehmen und so die Erhebung, die jetzt an einem Orte Statt findet, an einem andern erst später eintritt, was den Anschein hat, als habe sich der Wellenberg von einem Orte zum andern fortbewegt.

In einem Canale mit horizontalem Boden tritt, nach den Untersuchungen von den Brüdern Weber, den umsichtigsten und sorgfältigsten, welche wir über die Wellen haben, die Bewegung in einer verticalen Linie nahezu gleichzeitig in allen Puncten von der Wasseroberfläche bis zur größten Tiefe ein, sobald

nur die Wellenbewegung regelmäßig eingetreten ist. Die lebendige Kraft, welche hierbei dem Wasser in einer verticalen Linie mitgetheilt wurde, theilt sich im nächsten Augenblicke dem nächst anliegenden Wasser mit; und wird das Wasser weniger tief, so wird also die Bewegung dieses Wassers eine stärkere werden müssen, oder kommen die Wellen aus tieferem Wasser in seichteres, so werden die Wellen höher, die Bewegung des Wassers eine größere, was bis zu dem Ueberstürzen der Wellen über Sandbänke und an steilen Ufern führen kann und die Brandungen an diesen erklärt. Für Uferbauten folgt hieraus, daß man ein Ufer dadurch gegen den Angriff der Wellen zu schützen suchen muß, daß man die Tiefe des Wassers allmählig abnehmen läßt. Hierbei wird zwar immer die lebendige Kraft der Welle auf die nächstfolgende verticale Wasserschicht übertragen und also diese um so stärker bewegt, als das Wasser weniger tief ist; allein die hemmenden Ursachen, die Adhäsion des Wassers am Boden und an der Luft werden von dieser lebendigen Kraft immer mehr und um so mehr nehmen, je seichter das Wasser bereits ist, und es wird mit hinreichend ausgedehnter Böschung, wo diese zulässig ist, ein gefährlicher Anschlag der Wellen an das Ufer immer umgangen werden können.

Rheden. So nennt man Küstenplätze, an denen Schiffe ruhig vor Anker liegen können bei jeder Witterung. Ist die Strecke durch Landzungen gegen die Wirkung der Wellen und Winde gedeckt, so heißt die Rhede eine geschlossene, im andern Fall eine offene.

Das Vorankergehen auf offenen Rheden ist wegen der Ströme und der durch sie hervorgerufenen hohen Wellen oft unsicher. Hingegen sucht man Wellen nahe am Eingange zu der Rhede zu brechen.

Die Bauten hierzu nennt man Wellenbrecher, auch wohl Molo; sie sind künstliche Inseln von mehr oder weniger Ausdehnung und verschiedener Form, welche man durch Einwerfen großer Steinblöcke in die See bildet.

Das erste große Werk dieser Art, das in neuerer Zeit unternommen wurde, war das bei Cherbourg in Frankreich zur Deckung der Rhede dieser Stadt. Nach einigen Versuchen, die man angestellt hatte, die Kraft der Wellen durch große conisch geformte Holzkästen, die mit Steinen gefüllt waren, zu brechen, und welche ganz fehlschlugen, indem diese Dämme nach einigen Stürmen ganz zerstört waren, beschloß man einen Steinwurf zu machen und den Wellen die Bildung der äußern Form desselben zu überlassen. Die Erfahrung von vielen Jahren, während derer dieser Bau den schwersten Stürmen ausgesetzt war, lehrte, daß die Einwirkung des Meeres auf die Außenseite desselben in einer Tiefe von ungefähr 6 Meter unter dem Wasserstande der tiefsten Ebbe nicht sehr merklich ist, indem Steine, welche diesen Theil des Wellenbrechers bilden und die durchschnittlich nicht über 20 Kilogr. wiegen, nicht aus ihrer Stelle gerückt wurden. Die Böschung, welche die Masse von selbst angenommen hatte, war etwas größer, als einfüßig. Von dieser Stelle aufwärts und besonders zwischen den Ständen des Hoch- und Niederwassers war die Wirkung der Wellen wahrhaft schrecklich, indem bei heftigen Winden Steine von einem Gewichte von mehren tausend Kilogr. losgearbeitet und über die Firste des Wellenbrechers fortgeführt wurden. Wo immer diese Oberfläche ausgesetzt war, wurden die Steine weggeführt und die Böschung wurde von Jahr zu Jahr flacher, bis die Oberfläche endlich schwach concav wurde, wobei die

Böschung an einigen Stellen 10 Basis auf 1 Höhe erreicht.

Die Erfahrungen an diesem Bau haben gezeigt, daß selbst die schwersten Blöcke den Hafendamm nicht schützen, wenn sie lose eingeworfen sind, und das einzige Mittel ist, stark ausgesetzte Flächen aus schweren gehauenen Steinen in hydraulischem Mörtel herzustellen.

Der Molo bei Cherbourg soll zugleich die Rhede gegen den Angriff einer feindlichen Flotte schützen helfen, weßhalb er den Querschnitt, siehe Fig. 253, erhalten hat. Geleitet durch mehrjährige Erfahrung, wurde beschlossen, die Batterie aus soliden Mauerwerk auf einem dicken urd breiten Betonbette zu erbauen. Die Oberfläche des Wogenbrechers ist mit schweren losen Steinen bedeckt und der Fuß der Mauer ist auf der Außenseite durch große künstliche Steinblöcke von Beton geschützt. Die Batterie steht ungefähr 3,6 Meter über dem höchsten Wasser.

Fig. 253 ist ein Verticaldurchschnitt durch den Wogenbrecher zu Cherbourg.

A Steinwurf.

B gemauerte Batterie.

Das zunächst erbaute Werk dieser Art dient zum Schutze der Rhede von Plymouth. Dasselbe erhielt zuerst eine anderthalbfüßige innere Böschung und äußerlich eine dreifüßige; nach dem Schaden, den das Werk bei den heftigen Stürmen der Jahre 1816 und 1817 nahm, muß man schließen, daß diese Böschung zu steil war.

Ein ähnlicher Bau wird vor der Mündung des Delaware aufgeführt. Man giebt ihm denselben Querschnitt, wie bei Cherbourg.

Alle diese Bauten sind in derselben Weise ausgeführt worden, indem man die Steine auf Schiffen

an die Baustelle führte und sie dort versenkte, wobei man sie frei ihr Lager suchen ließ. Nur an der Außenseite wurden die Steine, soweit dieß möglich war, sorgfältig gelegt, um den Wellen eine glatte Fläche darzubieten. Das Innere des Steinwurfs wurde aus den kleineren Steinen, die Außenseite von den schweren Blöcken hergestellt. Es scheint übrigens, daß es besser wäre, Alles aus sehr schweren Steinen zu bauen, da bis jetzt die schwersten Steine der Außenseite durch die Wellen noch zuweilen bewegt wurden, wo denn die inneren großen Steine noch Schutz gewähren würden.

Der Grundriß solcher Bauten muß der Localität entsprechen. Die Lage muß mit Rücksicht auf die Richtung der stärksten Brandung, der Strömung und der Wogen gewählt werden. Die durch den Wogenbrecher geschützte Stelle der Rhede soll hinreichende Wassertiefe haben und die Ankerung der schwersten Schiffe während der heftigsten Stürme sichern; die Schiffe müssen bei allen Winden und Zeiten die Rhede verlassen können. Ueberdieß muß man bei der Wahl des Ortes darauf Acht haben, daß keine Hemmnisse in der Rhede oder an den Einfahrten durch die Aenderung der Strömung entstehen.

Hafen. Der Name Hafen wird einem mehr beschränkten Ankerplatze gegeben, welcher einen sicheren Zufluchtsort bei ungestümem Wetter darbietet. Ein Hafen ist entweder ein natürlicher oder ein künstlicher.

Ein künstlicher Hafen wird gewöhnlich durch Einschließung einer Küstenstrecke zwischen zwei Dämmen von Stein oder Holz, Hafendämme, gebildet, welche vom Ufer in das Meer in solcher Richtung laufen, daß der Hafen gegen Wind und Wellen geschützt ist.

Jeder Hafendamm ist im Grundrisse gekrümmt; der Raum zwischen beiden hängt von der Zahl der

Schiffe ab, welche zugleich in dem Hafen Platz finden sollen. Die Entfernung der Köpfe, der Enden der Dämme, welche die Mündung des Hafens bilden, hängt ebenso vom örtlichen Umständen ab; ste ist selten unter 100 Metern und nur selten mehr, als 500. An jeder Küste giebt es Winde, welche mehr als andere dem Ein- und Auslaufen der Schiffe und der Ruhe des Wassers nachtheilig sind. Deßhalb soll einer der Dämme länger sein, als der andere, und dabei so gestellt sein, daß er die stärksten Wogen von der Seeseite her bricht und das Hintreiben des Schiffes bei'm Aus- und Einlaufen gegen den andern Damm durch die Winde verhindert.

In dem Querschnitte und der Construction unterscheidet sich ein steinerner Hafendamm nicht von einem Wogenbrecher; nur ist der Damm gewöhnlich am obern Ende breiter, 10 Meter kommen vor, da er als Anlegeplatz für ausladende Schiffe dient. Der Kopf der Hafenmauer ist gewöhnlich breiter, als die andern Theile, da er zuweilen einen Leuchtthurm und eine Strandbatterie aufnehmen muß. Er muß mit besonderer Sorgfalt von großen Steinblöcken, die gut durch eiserne Klammern zusammengehalten werden, ausgeführt werden, wobei man überdieß die äußersten Lagen durch schwere Schutzbalken vor dem Stoße schwimmender Körper bewahrt.

Hölzerne Hafendämme werden aus offenem Zimmerwerke aus schweren Balken gebaut, dessen innere Seiten mit dicken Bohlen bekleidet sind. Jede Rippe (siehe Figur 254) besteht aus zwei geneigten Pfosten, welche die Seiten bilden; einem Mittelpfosten und horizontalen Querriegeln, die paarweise die drei vorhergenannten einschließen; die geneigten Pfosten sind durch Streben verstärkt. Diese Rippen werden durch Querhölzer zusammengehalten, welche horizontal liegen und mit den Pfosten und Querriegeln

verkämmt und durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die Gründung geschieht gewöhnlich auf drei Reihen Pfählen unter den Pfosten, welche einen Rost tragen, welcher selbst wieder durch Bolzen und Verzapfungen mit dem Zimmerwerke verbunden ist. Die innere Bekleidung mit Bohlen erstreckt sich nicht immer auf die ganze Länge der Seite, sondern es sind Durchgänge für die Wellen gelassen, welche zwischen den Hafendämmen eingeschlossen sind, um das Wasser im Canale ruhig zu erhalten. Sind die Hafendämme rückwärts mit Erde bekleidet, so erhalten diese Durchgänge schiefe Ebenen.

Fig. 254 Querschnitt eines hölzernen Hafendammes.

a Grundpfähle.
b geneigte Pfosten.
c Mittelpfosten.
d Querriegel, paarweise vorhanden.
e Streben.
m Gurthölzer, paarweise vorhanden.
o Brustwehr.

Die Gründung der Hafendämme erfordert besondere Sorgfalt, besonders wenn der Canal zwischen denselben sehr enge ist. Lose Steine, rings um die Pfähle angehäuft, sind gewöhnlich im Gebrauche; und wenn es nothwendig ist, füllt man den Boden des ganzen Canals mit Faschinen und Kies aus.

Oben sind diese Hafendämme mit einem Boden von dicken Bohlen versehen, welcher als Kai gebraucht wird. Die Seiten der Dämme haben verschiedene Neigungen erhalten; 3 bis 4 Höhe auf 1 Grundlinie ist das gewöhnliche.

Zuweilen baut man Dämme, um einen Canal zu einem natürlichen Hafen zu bilden, welcher entweder sehr exponirt ist oder Ablagerungen bei seiner Mündung bildet. Verengt man den Durchgang zum

Hafen, so erhält die Strömung der Fluth große Geschwindigkeit, und dadurch kann die Mündung frei erhalten werden. Allein in der Regel bildet sich an dem Kopfe der Hafendämme eine Anhäufung, welche von der Strömung längs des Ufers, die durch den Damm unterbrochen ist und von der Langsamkeit der Strömung während der Ebbe herrührt. Um diese Anhäufungen zu entfernen, muß man an Orten, wo sie bei'm Niederwasser nahe trocken gelegt werden, zu Haltungen und Spülschleußen seine Zuflucht nehmen, wie dieß bei dem Flußbaue angegeben wurde. Die Haltung wird in dem Ufer ausgegraben, an einem Orte, von welchem das Wasser mit seiner vollen Kraft auf die Bank gelassen werden kann. Die Haltung wird durch die Fluth gefüllt und die Schleußenthore bis zum tiefsten Wasserstande geschlossen gehalten, wo man sie alle zugleich öffnet, um die Wassermasse auf einmal über die Bank strömen zu lassen.

In Hafen, in denen die Schiffe nicht gut mit der Langseite an die Kais anlegen können, werden große Bassins, Naßdocks genannt, angelegt, in welchen das Wasser in constanter Höhe erhalten wird. Ein solches Dock wird entweder in das Ufer eingegraben oder man schließt einen Theil des Hafens mit wasserdichten Mauern ab; das Erste ist das gewöhnliche. Der Eingang zu diesem Bassin ist entweder eine einfache Schleuße oder eine Kammerschleuße. Bei der ersten Methode können die Schiffe nur zur Zeit der Fluth einlaufen; bei der zweiten zu jeder Zeit. Der Auslaß aus der Kammerschleuße muß durch Fluththore geschützt sein, welche bei sehr hohen Fluthen oder heftigen Stürmen geschlossen werden.

Diese Kammerschleußen unterscheiden sich im Principe nicht von den bei Canälen gebrauchten; nur sind die Dimensionen größer, weßhalb auch größere Sorge auf den Bau verwendet werden muß. Die

Thore werden hier convex gebildet, um größeren Widerstand zu leisten. Sie sind anders aufgehängt und werden anders bewegt, als die kleineren Thore der Canalschleuße; die Wendesäule ist auf die gewöhnliche Weise befestigt, aber der Fuß der Anschlagsäule ruht auf einer Rolle, für welche auf dem Boden des Schleußenhauptes ein eiserner Rollweg angebracht ist, wodurch der Druck des obern Zapfens der Wendesäule bedeutend vermindert ist. An den Anschlagsäulen sind Ketten nahe im Mittelpuncte des Drucks befestigt, welche auf Winden aufgerollt und mittelst deren die Thore geöffnet werden können.

Die Kais der Docks sind gewöhnlich gemauert. Backsteine und natürliche Steine hat man gebraucht; die Außenseite wird von gehauenen Steinen hergestellt. An den Steinen bringt man große Schutzbalken an, um die Schiffe von der Mauer abzuhalten. Der Querschnitt dieser Mauer wird wie bei allen andern Stützmauern festgestellt. Hinter der Mauer kann man Strebepfeiler anbringen.

In America werden die Schiffsländen gewöhnlich von starken runden oder quadratischen Pfählen gebildet, welche man dicht nebeneinander eintreibt, durch horizontale Gurten verbindet und mit Erde hinterfüllt; oder man legt die Balken horizontal und hält sie durch Bolzen zusammen.

Binder in das Land hinein wirken dem Erddrucke entgegen. Eine andere Art der Construction ist in den östlichen Seehäfen im Gebrauche; ste ist stark und dauerhaft. Es wird eine Art Kasten aus großen Granitblöcken aufgeführt und mit Erde und Steinen ausgefüllt. Die Bodenschichten dieses Kastens kommen auf den Meerboden zu liegen, wenn dieser fest und horizontal ist; im andern Falle wird ein starker Rost, Wiege genannt, erbaut und mit den Steinen versenkt. Der Boden dieser Wiege hat

die Neigung des Bodens, die obere Fläche ist horizontal.

Deiche. Um niederes Land an der Küste vor Ueberschwemmungen zu sichern, baut man längs dem Strande Erddämme, Deiche genannt, welche auf der Seeseite so bekleidet werden, daß sie dem Angriffe der Strömung widerstehen.

Die holländischen Deiche, durch welche ein großer Landstrich dem Meere entrissen und gegen dasselbe geschützt werden, sind das bemerkenswertheste Bauwerk dieser Art. Ihr Querschnitt ist ein Trapez, die obere Breite von 1,2 bis 1,8 Meter; die innere Böschung ist die natürliche Erde, die äußere wechselt nach den Umständen von drei- bis zu zwölffüßiger. Der Deich sollte zu vollkommener Sicherheit ungefähr 1,8 Meter über den Wasserstand bei den höchsten Springfluthen hinausreichen; an manchen Stellen beträgt dieß aber nur 0,6 bis 1 Meter.

Die Erde zu diesem Deich ist aus einem Graben genommen, zwischen welchem und dem Fuße des Deiches ein etwa 6 Meter breiter Raum geblieben ist, der als Straße dient. Die äußere Fläche ist auf mancherlei Weise bekleidet, je nach dem Materiale, das man zur Hand hatte und der Art der Strömung und der Wellen an diesem Puncte. In manchen Fällen ist eine starke Strohdecke mit Spickpfählen auf die Fläche befestigt; an andern Orten ist eine Faschinenlage mit darüber gelegten Würsten und Spickpfählen an die Böschung befestigt, wobei die Zwischenräume zwischen den Würsten mit Bruchsteinen ausgefüllt sind. Dieses bildet eine sehr dauerhafte Bekleidung, welche nicht nur die Wirkung der Strömungen, sondern auch dem Stoße der größten Wellen durch ihre Elasticität widersteht.

Der Fuß der äußeren Böschung muß besonders geschützt werden. Hierzu sind an einigen Orten Schutzbuhnen aus Faschinen angelegt.

An einigen Theilen der Küsten Frankreichs, wo man Deiche anzulegen nothwendig fand, hat man das Profil seewärts so gestaltet, wie man das natürliche Ufer unter dem Einflusse der Wellen geworden fand. Im Uebrigen sind die Deiche, wie man sie schon lange in Holland gebaut.

Buhnen. Solche baut man auch an der Seeküste, wo man den Stoß des Stroms vom Ufer ablenken und Ablagerungen bilden will. Sie springen nur wenig über die Oberfläche des Strandes und stehen entweder rechtwinkelig oder schief gegen das Ufer. Sie werden entweder von Letten gebaut, welcher fest aufgestoßen und an der Oberfläche mit Faschinen oder Steinen bekleidet wird oder aus einer oder zwei Reihen Pfähle, die man dicht nebeneinander in die Erde treibt, oder aus Faschinen in anderer Weise. Ihr Zweck ist, die Strömung zu unterbrechen, eine Ablagerung in ihrer Nähe zu veranlassen und so das Ufer über das Meer zu erheben.

Seemauern. Bricht das Meer in das Land ein und bildet steile Uferabbrüche, deren Seiten nachfallen, so schützt allein dauernd eine tüchtige Mauer, deren Außenseite aus den dauerhaftesten schweren Steinen angefertigt wird. Die Rückseite kann Beton oder Bruchsteinmauer sein. Das Ganze wird mit hydraulischem Mörtel aufgeführt.

Sechstes Capitel.

Von den Bewässerungsarbeiten.

Die Bewässerung oder Berieselung ist neuerlich ein sehr wichtiger Gegenstand nicht allein der Land-

wirthschaft, sondern auch der Staatswirthschaft und des Ingenieurwesens geworden. Wir können hier freilich nur Andeutungen machen, umsomehr, da die uns in diesem Buche gesteckten Grenzen schon längst überschritten sind. — Die Benutzung des fließenden Wassers zur Befruchtung der Wiesen und der Gemüsefelder ist eine sehr wichtige, leider aber in Deutschland bis jetzt immer noch sehr vernachlässigte Sache, indem sie nur ganz in einzelnen Gegenden, wie z. B. bei Erfurt in Thüringen, benutzt und zu einer Quelle großer Wohlhabenheit geworden ist.

In der Lombardei hat die Berieselung der Wiesen und der Reisfelder schon seit Jahrhunderten in der Ausdehnung Statt gefunden, die der Reisbau erfordert. Die natürlichen Verhältnisse des Flußsystems von dem Po erleichtern diese Bewässerung. In Frankreich ist neuerlich von der Regierung sehr viel für die Berieselung gethan. England hat sie schon zu einem Systeme ausgebildet, und in Deutschland sind die großen intelligenten Grundbesitzer nicht zurückgeblieben, während die vielen ökonomischen Gesellschaften auch kleinere Grundbesitzer und Pächter dafür zu gewinnen suchten.

Die Landwirthschaft wird immermehr das Wohlthätige der Berieselung einsehen, und der bäuersche Starrsinn am Festalten des Alten wird am Ende nicht mehr im Stande sein, diese wohlthätige Einrichtung zurückzuhalten.

Obwohl Ströme und Bäche zur Fluthzeit die benachbarten Ufer überschwemmen und Ländereien verwüsten, so können sie doch, in ihre Ufer zurückgekehrt, ebenso leicht dazu benutzt werden, das verwüstete Land wiederum fruchtbar zu machen. Die Grundeigenthümer brauchen zu dem Ende nur das Wasser der Bäche und kleinen Flüsse in der Nähe der Ufer etwas aufzustauen, und aus den Flüssen Gräben

nach ihren Aeckern und Wiesen zu führen, diese Gräben in viele Verzweigungen zu theilen, um das Wasser möglichst gleichförmig über die Fläche zu vertheilen, so daß der trockene Boden überall befeuchtet und befruchtet wird. Zur Berieselung einer ganzen ausgedehnten Gegend ist freilich eine genaue Bodenkenntniß erforderlich. Man muß die Flußkarten des Landes zur Hand nehmen und sich mit Hülfe derselben, bei Begehungen des Landes ein recht genaues Bild von dem ganzen System eines Flusses mit seinen vielen Verzweigungen zu verschaffen suchen.

Ferner ist es nothwendig, die Wassermenge der verschiedenen Flüsse und Bäche, sowohl in Fluth-, als auch in trocknen Zeiten zu bestimmen. Besonders ist es nöthig, den geringsten Stand der Gewässer genau kennen zu lernen, da zur trockenen Sommerzeit Berieselungen am nothwendigsten sind.

Gebirgsgegenden sind viel geeigneter zur Bewässerung, als flache Ebenen; dort verzweigt sich das Wasser weit mehr, indem jedes noch so kleine Thal Veranlassung zu einem Bach giebt, die vielfachen Gefälle die Ableitung des Wassers auf die fruchtbar gemachten Stellen erleichtern, und selbst bei dem geringsten Wasserstande eine Ableitung auf die Wiesen keine Schwierigkeiten bietet. Daher ist denn auch die Bewässerung in Gebirgsgegenden mit bei Weitem weniger Kosten verbunden, als in den Ebenen. Dieß rührt daher, weil in den Ebenen der Fall der Bäche und Flüsse weit geringer ist, und man daher, um sie aufzufangen und abzuleiten, viel weiter bis zur Quelle heraufgehen muß, während auch die Anlage der Bewässerungsgräben weit mehr Schwierigkeiten unterworfen ist. Bei der Bewässerung von Ebenen muß man daher einen weit sorgfältigern Anschlag machen und genau untersuchen

ob die aufgewendeten Kosten auch durch die zu erlangenden Vortheile der Bewässerung gedeckt werden.

Die Bewässerungen gewähren im Allgemeinen einen doppelten Vortheil; zuerst vergrößern sie den Futterertrag einer bestimmten Bodenoberfläche, so daß der Eigenthümer eine größere Anzahl von Vieh zu halten vermag. Aus dem ersten Vortheil folgt nothwendig der zweite, eine größere Vermehrung des Viehes und die daraus folgenden wohlfeileren Preise des Fleisches, dieses nothwendigen Nahrungsmittels für Reich und Arm.

Die Regierungen haben daher ein höheres Interesse bei der Bewässerung, und die Grundbesitzer sind in hohem Grade verpflichtet, die Bemühungen der Regierung auf alle mögliche Art und Weise zu unterstützen. Es ist für den Staatswirth durchaus nicht einerlei, ob ein gewöhnliches Nahrungsmittel nur auf den Tafeln der Reichen einen Platz finden kann, oder ob es auch der arbeitenden Klasse zugänglich sein und deren materielle Zufriedenheit erhöhen kann. Es war nicht die geringste der Regierungskünste des Fürsten Metternich, alles Mögliche dafür zu thun, die geringere Classe des österreichischen Volkes in materieller Zufriedenheit zu erhalten und gewiß, wenn er die unruhigen Polen, die unzufriedenen Literaten und die oft wie die Pudel dressirten Subaltern-Beamten ebenso zufrieden hätte stellen können, so würde ebenso wenig der 13. März 1848 für Wien, noch der 18. für Berlin erschienen sein und Fürst Metternich säße noch auf dem Throne und der Bundestag wäre noch in voller Blüthe.

Obgleich, wie z. B. in Frankreich, die Regierung in alle Departements Ingenieure geschickt hat, um deren Fluß- und Bachsysteme genau kennen zu lernen, so dürfen doch die Grundbesitzer der Regierung nicht Alles überlassen; sie müssen ihr bei den weit

umfassenden Bewässerungsplänen nicht allein entgegen, sondern auch überall zu Hülfe kommen, indem sie dadurch ihr eigenes Interesse im höchsten Grade befördern. Der Staat kann durch seine Ingenieure nur mehr berathend einwirken; er kann nur die allgemeinern und kostbareren Bewässerungsarbeiten ausführen lassen; wogegen für das Weitere Gemeinden und einzelne Grundbesitzer und Pächter zu sorgen haben. Gemeinden und Grundbesitzer haben sich daher um den Rath der Staatsingenieure zu bemühen, indem dieselben mit den Gegenständen vertraut sein müssen. Im Allgemeinen besteht das System der Bewässerung oder Berieselung darin, mit den geringsten Kosten das von der Natur gegebene Wasser dahin zu leiten, wo keins vorhanden ist, um auf diese Weise einen trockenen und unfruchtbaren Boden in Wiesen zu verwandeln, und um trocken gelegene Wiesen und Weiden so zu verbessern, daß sie ein reichliches und gesundes Viehfutter gewähren. Um Wasser von einem Punct zum andern zu führen, ist es im Wesentlichen nothwendig, daß der letztere in einem niederen Niveau als der erste liege, indem das Wasser fortwährend das Bestreben hat, dem niedrigen Puncte zuzuströmen und sich in's Gleichgewicht zu setzen. In Folge dieses allgemeinen Gesetzes entstehen aus Quellen Bäche, aus Bächen Flüsse, aus Flüssen Ströme, Seen und Meere.

Geht man von diesen allgemeinen Grundsätzen aus, so hat es keine Schwierigkeiten, Ländereien und Wiesen, die am Ufer von Flüssen liegen, zu bewässern, indem man das fließende Wasser aufhält und seitwärts auf Wiesen und Aecker ableitet. Durch lange Gräben ist man auf diese Weise im Stande, auch von Bächen und Flüssen entfernt liegende Wiesen mit Wasser zu versehen. Jedoch muß die Entfernung von Flüssen, Teichen, Seen u. s. w. nicht

von der Art sein, um kostbare Wasserleitungen zu veranlassen, die den Vortheil der Bewässerung in der Art schmälern, daß das Eine das Andere aufhebt. Dahin sind häufig Hochebenen zu rechnen, öfter der Ort von Bergbauanlagen, die, wenn auch mineralisches Brennmaterial zum Betriebe von Dampfmaschinen mangelt, ebenso künstliche wie kostbare Wasserleitungen und Teiche bedürfen, um Wasserräder in Bewegung zu setzen. In Deutschland sind es besonders das Erzgebirge, der Oberharz und die bayerschen Hochalpen, welche wegen dieser Anlagen unsere höchste Bewunderung in Anspruch nehmen. Im Erzgebirge und auf den Oberharz sind es zahlreiche Teiche, welche das Wasser der Regenzeiten bis zu den trockenen Sommerzeiten aufbewahren und durch meilenlange Gräben den Maschinen zuführen, welche dem Studium zu Bewässerungsanstalten ein weites Feld gestatten. In den bayerschen Alpen sind es die großartigen Soolenleitungen, welche das aufgelös'te Steinsalz von Berchtesgaden und die reiche Quellsoole von Reichenhall dem meilenweit entfernt liegenden holzreichen Gegenden von Traunstein und Rosenheim in Röhren über Berge und durch Thäler zuführen. Auch die preußische Regierung geht mit solch' einer großen Anlage um, und die nothwendige Umgestaltung des Salinenwesens, welche die nothwendige Auflösung des mit Recht verhaßten Salzmonopols bedingt, wird die Ausführung solcher Pläne zeitigen. Man will nämlich das aufgelös'te Steinsalz von Artern bis nach Dürnberg an der Saale leiten, um sie dort zu versieden, wo Wasserstraße und Eisenbahn den Transport des Salzes nach Sachsen erleichtern, welches bekanntlich keine Salzwerke besitzt.

Aber nicht allein die fließenden Gewässer, sondern auch diejenigen, welche Regen und schmelzender Schnee gewähren, sind für die Berieselung von größ-

ter Wichtigkeit. Die Grundbesitzer und Gemeinden müssen daher ihre Aufmerksamkeit auf solche Puncte richten, woselbst sich ohne große Kosten kleinere oder größere Teiche anbringen lassen, um Regen und Schneewasser aufzunehmen, welches alsdann mittelst Gräben den Aeckern und Wiesen zugeführt wird. In Gebirgsgegenden haben die Teichanlagen in kleinen und hochliegenden Thälern keine großen Schwierigkeiten, und man muß nur bei ihrer Anlage die Vorsicht anwenden, die Dämme recht fest zu bauen, damit sie durch einen starken Wasserdruck bei Fluthzeiten nicht zerreißen und mit der plötzlich hervorbrechenden Wassermasse verderblich für tieferliegende Orte werden, und man muß auch bei ihrer Anlage darauf Rücksicht nehmen, daß, wenn die Dämme wirklich durchbrochen werden, das Wasser nicht unmittelbar bewohnten Orten zuströmen kann.

Wenn Ebenen kein fließendes Wasser haben, so muß man ebenfalls zum Sammeln des Regen- und Schneewassers seine Zuflucht nehmen. Zu dem Ende müssen sich alle Grundbesitzer einer solchen Hochebene zu der Anlage eines oder mehrer Teiche vereinigen, in denen das Wasser angesammelt wird. An diesen Teichen müssen Pumpen angebracht werden, deren Bewegnng durch Windmühlenflügel erfolgt. Auch Cisternen, die an gewissen Puncten angebracht werden, sind zum Sammeln des Regen- und Schneewassers zweckmäßig, und die dabei anzuwendenden Pumpen können durch Pferde oder Ochsen in Betrieb gesetzt werden.

Die Grundstücke, die in der Nähe der Teiche und Cisternen liegen, können durch einfache Pumpen, deren Höhe $10\frac{2}{3}$ Meter oder 32 Fuß nicht übersteigt, bewässert werden. Nöthigenfalls, und wenn man über größere Betriebskräfte gebietet, kann man über den Kolben auch Steigeröhren anbringen und das

Wasser auch ohne große Kosten höher heben, um es auf einen größern Flächenraum zu vertheilen.

Dieses sind die Grundzüge der Berieselung oder Bewässerung, indem wir ein Mehreres darüber nicht zu sagen vermögen. Diejenigen von unsern Lesern, die sich näher davon unterrichten wollen, müssen wir auf die landwirthschaftlichen Schriften verweisen, die dem Gegenstande mehr Platz widmen konnten.

Druckfehler.

Seite 19 Zeile 9 von oben ließ Schießen statt Schließen.
Seite 96 in der Tabelle ließ Eisenoxyd statt Eisenöxyd.
S. 177 Zeile 5 v. o. l. Fichtenholzes st. Fichtenstolzes.
Seite 263 Zeile 23 von oben ließ Brunel statt Brund.
Seite 451 Zeile 17 von oben ließ Burnett statt Brunett.

Geringe und unwesentliche Fehler bleiben der Verbesserung des Lesers überlassen.

Bei'm Verleger dieses sind erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Populäre Bauzeitung für Zimmerleute, Maurer, Schlosser, Tischler, Bildhauer, Dachdecker, Tüncher, Stuccatur- und Cementarbeiter, Ofensetzer, Straßenpflasterer, Ziegler, Kalkbrenner und Brunnenmeister, sowie für Maschinen-, Mühlen- und Treppenbau, artesische Brunnen u. s. w., ingleichen für Lackirer, Vergolder und Decorateure, Stubenmaler und Tapezirer. Herausgegeben von A. W. Hertel, Bauinspector zu Naumburg. Bd. I. (2 Rthl. 8¾ Sgr.) 1s Hft. 12½ Sgr. 2s 12½ Sgr. 3s 10 Sgr. 4s 10 Sgr. 5s 12½ Sgr. 6s 11¼ Sgr. Bd. II. (2 Rthl. 13¾ Sgr.) 1s Hft. 13¾ Sgr. 2s 12½ Sgr. 3s 12½ Sgr. 4s 8¾ Sgr. 5s 13¾ Sgr. 6s 12½ Sgr. Bd. III. (2 Rthl. 16¼ Sgr.) 1s Hft. 15 Sgr. 2s 11¼ Sgr. 3s 10 Sgr. 4s 15 Sgr. 5s 10 Sgr. 6s 15 Sgr. Bd. IV. (2 Rthl. 10 Sgr.) 1s Hft. 10 Sgr. 2s 15 Sgr. 3s 13¾ Sgr. 4s 10 Sgr. 5s 10 Sgr. 6s 11¼ Sgr. Bd. V. 1s Hft. 13¾ Sgr. 2s 10 Sgr. 3s 12½ Sgr. 4s 11¼ Sgr. (Erscheint in zwanglosen Heften und wird fortgesetzt.)

E. Biot, über die Anlegung nnd Ausführung aller Arten von Eisenbahnen, nach den Grundsätzen der Mechanik und den Ergebnissen der Erfahrungen, welche bis auf die neueste Zeit in England, America, Frankreich und Deutschland bei'm Bau der eisernen Schienenwege gesammelt worden sind, nebst ausführlichen Kostenberechnungen. Nach dem Französischen mit Benutzung der besten und neuesten einschlägigen englischen, französischen und deutschen Literatur herausgegeben von Dr. Chr. H. Schmidt. Mit 7 Kupfertafeln. 8. 1⅓ Rthl. oder 2 fl. 24 kr.

W. Leo (fürstl. Schwarzburgischer Bergmeister in Könitz), theoretisch-practische Anleitung zum Nivelliren. Ein Lehrbuch für Baugewerken, Oekonomen, Müller, Militär-Ingenieure, Land-, Straßen- und Forst-Geometer, insonderheit aber für Berg- und Eisenbahnbau. Mit 9 lithograph. Tafeln. gr. 4. $1\frac{1}{2}$ Rthl. oder 2 fl. 42 kr.

Francis Bashforth (Mitglied des St. John's College zu Cambridge), practische Anweisung zur Construction schiefer Brücken mit Spiral- und abgewogenen Schichten. Ein nothwendiges Handbuch für Ingenieure, Bauführer, Maurer, Steinhauer ꝛc. Deutsch bearbeitet vom Bauinspector W. Hertel. Mit 100 Figuren auf 8 Tafeln. 4. Schön geheftet. 1 Rthl. $7\frac{1}{2}$ Sgr. oder 2 fl. 15 kr.

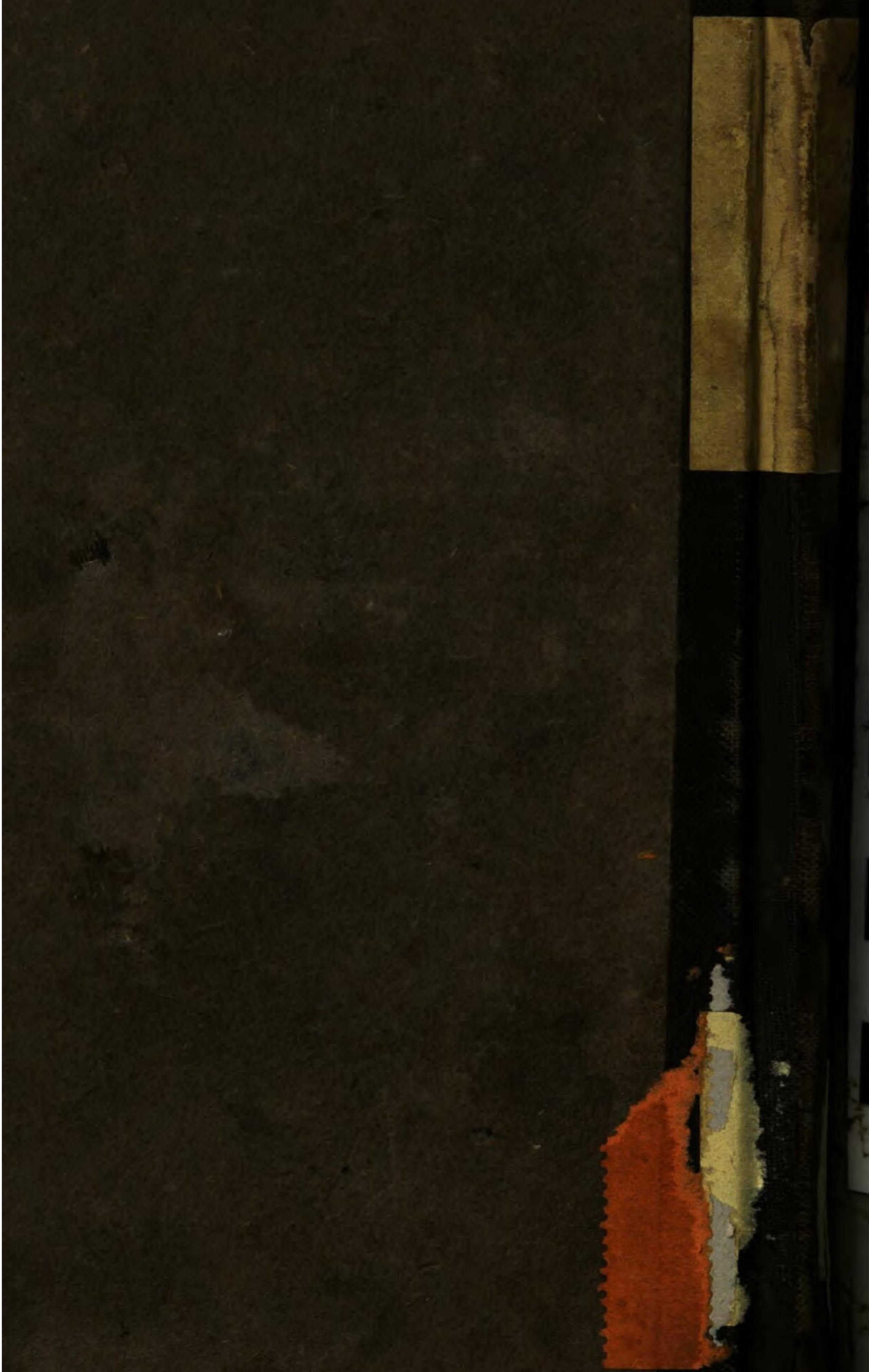
C. L. Matthaey, der Stein- oder Dammsetzer, oder Unterricht in der zweckmäßigsten Construction und Pflasterung der Straßen in den Städten ꝛc. Nebst einer Anleitung zur Gründung der Städte, hinsichtlich der Anlegung ihrer Straßen, ihrer öffentlichen Spaziergänge und ihrer Fahr- und Fußwege in den nächsten Umgebungen. Ein Handbuch für Stadtmagistrate und Polizeibehörden, für Civil-, Militär- und Straßenbaumeister, insbesondere aber für die sogenannten Pflasterer, Stein- oder Dammsetzer. Mit 18 lith. Tafeln. 8. $1\frac{1}{3}$ Rthl. oder 2 fl. 24 kr.

H. v. Gerstenberg, das Plan- und Situationszeichnen nach Anleitung der neuesten und anerkanntesten Methoden für Militärs, Ingenieure, Bergleute, Cameralisten, Forstmänner, Feldmesser und gebildete Landwirthe. Mit 14 lithographirten theils illuminirten Quarttafeln. Gr. 4. Geh. $1\frac{1}{4}$ Rthl. oder 2 fl. 15 kr.

M. Wölfer, gründliche Anweisung zum Chaussée- und Brückenbau, sowie auch zum Planzeichnen und Nivelliren, zum Selbstunterricht für Cameralisten, Forstmänner, Chausséebeamte, Ingenieure, Maurer und Zimmermeister. Mit 3 schwarzen u. 3 illuminirten Kupfertafeln. 4. steif broch. $2\frac{2}{3}$ Rthl. oder 4 fl. 48 kr.

M. Wölfer, gründliche und praktische, auf 32jährige Erfahrung gegründete Anweisung zur Construction und Ausführung massiver und hölzerner, größtentheils sich frei tragender Brücken über mittelmäßig große und kleinere Flüsse und Bäche, sowohl in flachen, als auch in Gebirgsgegenden mit besonderer Rücksicht auf alle nur vorkommenden Grund- und Bodengattungen der Flußbette ꝛc., desgleichen zur Construction der Lehrbogen und Ausführung der Bogengerüste auf der Zulage oder dem Werksatze, sowie auch neuerfundener wasserdichter Dämme zur sparsamern Aufführung der Brückenpfeiler im Trocknen, ohne Schöpfmaschinen. Mit 26 lith. Tafeln. Zweite Ausgabe. gr. 4. broch. 2 Rthl. oder 3 fl. 36 kr.

A. W. Hertel (Bauinspector), Lehre von dem Kalk und Gyps in ihrem ganzen Umfange: begreifend die Rohstoffe, das Brennen, die Brennmaterialien, die Oefen, die Theorie und das Verhalten des Aetzkalks und der hydraulischen Kalke, Bereitung des Mörtels, Cements, Stucco. Mit 71 Figuren auf 8 lithograph. Quarttafeln. 1 Rthl. $7\frac{1}{2}$ Sgr. oder 2 fl. 15 kr.



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Lixaute, Auguste

Der Straßen-, Eisenbahn-, Canal-, Brücken-, Küstendamm-, Deich- und Hafenbau, sowie die Bewässerungsarbeiten zum Nutzen und Gebrauch der Unternehmer öffentlicher Arbeiten, d. Baumeister, Maschinenbauer u. Baugewerken anderer Art

Weimar 1851

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Philos.6069(189
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11112317-2